
nature
SKYWATCHER
MIND MARVEL
INVISIBLE HAND
DOC QUANTUM
CAPTAIN MEDICA
التخصصات المتداخلة
لماذا يجب على العلماء أن يعملوا معًا لإنقاذ العالَم؟ صفحة 32
CONTROL-X
BIOLOGENE
D.Trippe
علم الأحياء الجزيئية
تطوير تقنية كريسبر من خلال البكتيريا
يُفترَض أن يُبَسِّط إنزيم «كريسبر» عملية تحرير الجينوم.
صفحة 20
الطاقة
تَصَوُّر جديد لخلايا الوقود
ضرورة الدمج بين توليد الطاقة، وتخزينها؛ لضمان قوة الشبكات.
صفحة 44
فيزياء فلكية
نظرة في حضانة نجمية بدائية
تَصَوُّر أفضل لظروف تَكَوُّن النجوم في بدايات خلق الكون.
صفحة 55
ARABICEDITION.NATURE.COM
نوفمبر 2015 / السنة الرابعة / العدد 38
ISSN 977-2314-55003
© 2015 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa

nature

نوفمبر 2015 / السـنــة الرابعة / العــدد 38

فريق التحرير

رئيـس التحريـر: مجـدي سعيـد
نائب رئيس التحريـر: كريـم الدجـوي
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسـن بيـومي
محـرر أول: نـهى هنـدي
محـرر علمي: شهاب طه، سُفانة الباهي
مدير الشئون الإدارية والمشروعات: ياسمين أمين
مساعد التحرير: رغدة سيد سعد
المدير الفني: محمـد عاشـور
مصمـم جرافيـك: عمرو رحمـة
مستشار التحريـر: أ.د. عبد العزيز بن محمـد السـويلم
مستشار الترجمة: أ. د. سلطان بن عبد العزيز المبارك
اشترك في هذا العدد: أبو بكر خالد، أحمد بركات، السيد فايد، أنس سعد الدين، حاتم النجدي، رضوان عبد العال، ريهام الخولي، زينة المحايري، سارة عبد الناصر، سعيد يس، صديق عمر، طارق راشد، طارق قابيل، عائشة هيب، فكرات محمود، لمياء نائل، لينا الشهابي، محمد السيد يحيى، محمد حجاج، نسيبة داود، نهال وفيق، نهلة عثمان، هبة آدم، هبة الغايش، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، وليد خطاب.

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نيك كامبيل
مدير النشر: أماني شوقي

عرض الإعلانات، والرعاة الرسميون

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني (J.Giuliani@nature.com)
الرعاة الرسميون: مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية KACST
http://www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST



التسويق والاشتراكات

التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626
تمت الطباعة لدى باكستون برس المحدودة، ديربيشاير، المملكة المتحدة.

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

رسالة رئيس التحرير

التخصصات المتداخلة، وصعوبات التنسيق

في هذا العدد الجديد *Nature* من الطبعة العربية، الذي نقدم فيه مختارات من أعداد أربعة أسابيع من دورية *Nature* الدولية، من 10 سبتمبر إلى 1 أكتوبر، نقدم ضمن هذه المختارات بعضًا من محتويات ملف نُشر في عدد 17 سبتمبر، يتناول قضية التخصصات المتداخلة interdisciplinarity، وتجدون موضوعاته منتشرة بين أقسام الدورية، من أول الافتتاحية التي تحمل عنوان "دمج العقول"، ذلك العنوان الذي ينادي بأنه "يجب على المنهج العلمي متداخل التخصصات أن يحطم الحواجز التي تفصل بين التخصصات المختلفة؛ لإقامة أرضية مشتركة"، مرورًا بمقال "رؤية كونية"، الذي دوَّنته آنا فيسبو، وتقول فيه إنه "يجب السماح لعلماء الاجتماع بالقيام بدور تعاوني كامل؛ حتى يتسنى للباحثين الإلمام بالقضايا التي تهم الجمهور، والمشاركة فيها".

أما قسم التحقيقات، فتستهل فيه هايدي ليدفورد تحقيقها في القضية بقولها: "أصبح تداخل التخصصات هو الصيحة الأحدث.. بينما يعمل العلماء على حل المشكلات المجتمعية الكبرى، لكن ما زالت هناك مقاومة قوية لمسألة تجاوز الحدود تلك". وقد ظهر مصطلح "التخصصات المتداخلة"، الذي يرجع أول اقتباس له في قاموس "أكسفورد" للغة الإنجليزية إلى شهر ديسمبر من عام 1937، في إحدى دوريات علم الاجتماع، لكن حتى ذلك الحين، اعتقد البعض أن هناك مبالغة في استخدام المصطلح. وفي تقرير موجّه إلى مجلس بحوث العلوم الاجتماعية في الولايات المتحدة في أغسطس من ذلك العام، عمد عالِم اجتماع من جامعة شيكاغو بولاية إيلينوي إلى ضم هذا المصطلح إلى غيره من "العبارات والشعارات البراقة التي لم تُدرس بالقدر الكافي". وفي السبعينات، بدأت الحركة الأكاديمية لتداخل التخصصات، ثم استمر النهج في النمو منذ ذلك الحين". وحول أهمية ذلك.. يقول ثيودور براون، أحد رواد أقسام التخصصات المتداخلة: "إن المشكلات التي نواجهها اليوم، والتي تستحق فعلًا أن نعمل عليها، معقّدة، وتتطلب معدات وأدوات فكرية رفيعة المستوى، ولا يجدي معها النهج المحدود. والهيكل التقليدي لأقسام الجامعات والكليات لا يساعد على العمل التعاوني ذي التخصصات المتداخلة". وكما تقول شارون ديري، المتخصصة في علم النفس التربوي بجامعة كارولينا الشمالية في تشابل هيل، وتدْرُس التخصصية المتداخلة: "إن مشكلات العالم لا تقع ضمن تخصص واحد.. فعلينا أن نجمع ذوي المهارات والخبرات المختلفة معًا. ولا أحد يملك كل ما هو مطلوب للتعامل مع القضايا التي نواجهها".

أما في قسم التعليقات، فتحثّ ريبيكا براون وزملاؤها على ضرورة "تحويل الغَزَل المكثف بين العلوم الاجتماعية والفيزيائية الحيوية إلى مشارَكات مثمرة باستخدام تلك المبادئ الخمسة"، فـ"الدَّفْعَة المُلِحَّة لرأب الصدع بين العلوم الفيزيائية الحيوية، والعلوم الاجتماعية أمر حيوي. وهذا هو السبيل الوحيد لقيادة تنمية مستدامة عالمية، تحقِّق الاندماج الاجتماعي، والاستدامة البيئية، والرخاء الاقتصادي". ويبحث المقال "سبب إخفاق محاولات عديدة تمّت بحُسْن نِيّة، بغرض التعاون بين التخصصات المختلفة في تحقيق نتائج ملموسة، بينما نجحت محاولات أخرى". ويقدم كُتّاب المقال لهذا السؤال جوابًا شخصيًّا، وصلوا إليه بعد التفكير في كيفية تكوينهم لفريق من الخبراء في تخصصات متعددة، وذلك بالعمل مع أعضاء هيئة تدريس متعددين بجامعة موناش في ملبورن في أستراليا، بحيث يوفِّر الفريق إدارة مياه مستدامة ومتكاملة في أرجاء مدن متعددة. وقد قاموا مؤخرًا بتوسعة هذا الفريق متعدد التخصصات، ليدمِج في أوساطه مؤسسات أخرى على المستويين المحليّ والعالمي. ومن خلاصة خبرتهم يضعون خمسة مبادئ؛ لتجاوز الشقاق بين أبناء التخصصات المختلفة، هي: صياغة مهمة مشتركة، وتطوير مهارات احترافية للباحثين، وتغذية الحوار البَنّاء، ومنْح الدعم المؤسسي، ورأْب الصدع بين البحث، والسياسة، والممارسة.

وعلى صفحات "كتب وفنون" يقدم بيتر بورمان خبرة معمل مانشستر للفنون في عمل التخصصات المتداخلة، حيث "يُولِي معهد جون ريلانز البحثي بجامعة مانشستر في المملكة المتحدة اهتمامًا خاصًّا بالتفاعل المثمر بين الفنون والعلوم. وقد أُسِّس هذا المعهد في إبريل 2013، ويديره رومان مع راشيل بيكيل، المديرة المساعدة ورئيسة المجموعات الخاصة. ويضم المعهد في الوقت الحالي ما يربو على 24 موظفًا، من بينهم علماء، وقائمون على الصيانة، وأمناء متاحف، وأخصائيو تصوير رقمي، ودارسو علوم إنسانية؛ بهدف الكشف عن الإمكانات البحثية التي توفرها المجموعات الخاصة بمكتبة جامعة مانشستر، ثم إبرازها واستيعابها، بدايةً من الألواح الطينية إلى أرشيف البريد الإلكتروني".

رئيس التحرير
مجدى سعيد

المحتويات

نوفمبر 2015 / السنة الرابعة / العدد 38

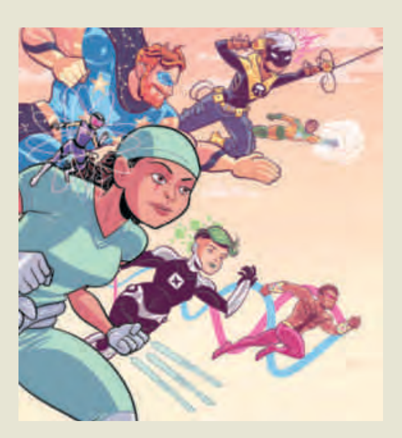
هــذا الشــهــر

مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

COVER ILLUSTRATION BY DEAN TRIPPE

أخبـــار في دائرة الضــوء



على الغلاف

التخصصات المتداخلة

يجب أن يعمل المختصون في علوم الحياة والطبيعة، وعلماء الاجتماع معًا؛ لمواجهة التحديات التي تواجه المجتمع، المتمثلة في الطاقة، والمياه، والمناخ، والغذاء، والصحة. فحتى الآن، لا تزال الأبحاث التي تتجاوز الحدود الأكاديمية التقليدية غير عصرية، وغير مُقَدَّرة. يستعرض هذا الإصدار الخاص من دورية *Nature* ما يجب أن تفعله الحكومات، والممولون، والصحف، والجامعات، والأكاديميون، لتحويل المشروعات متعددة التخصصات من لعنة إلى متعة. **صفحة 32**

تعليقات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية









IMPACT FACTOR NOW 5.578*

Scientific Reports is the home for rapidly published, highly visible research — whatever your area of expertise. Straightforward submission, fast and fair peer review, and open access publication on nature.com gets your research out **to the widest possible audience in the shortest possible time**.

As the 2nd highest ranked open access multidisciplinary journal in the world*, and with over 1.9 million page views a month, **we are also the perfect place to ensure your research makes an impact**.

- **Fast** decisions and rapid online publication
- **Global** reach and discoverability via nature.com
- **Expert** Editorial Board to manage your paper
- **Personalised** service from in-house staff

nature.com/scientificreports

*2014 *Journal Citation Reports®* (Thomson Reuters, 2015)



SCIENTIFIC DATA

DON'T LET YOUR DATA GO TO WASTE

Data sharing is key to all forms of research: however many valuable datasets are not used to their full potential.

Scientific Data helps researchers make the most of their data, offering publication in a peer reviewed open access journal from Nature Publishing Group. We welcome data of all sizes, from all areas of science.

What's unique? **The Data Descriptor** - a new type of article providing detailed descriptions of scientifically valuable datasets, maximising data discoverability and reuse. You likely already have everything you need to produce your own.













www.nature.com/scientificdata

nature publishing group npg

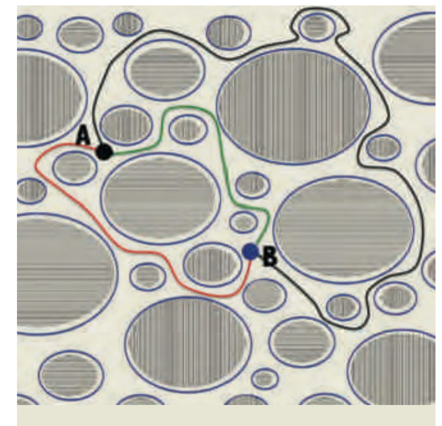
المحتويات

نوفمبر 2015 / السنة الرابعة / العدد 38

أبحـــاث

أنباء وآراء





ملخصات الأبحاث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



Microsystems & Nanoengineering

The First Engineering Journal from Nature Publishing Group: *Microsystems & Nanoengineering*

Microsystems & Nanoengineering is a new online-only, open access, fully peer-reviewed journal and the first engineering journal with emphases on fundamental research in MEMS and NEMS launched by the Nature Publishing Group. The journal aims to publish top-quality, peer-reviewed fundamental and applied research in the exciting and emerging fields of microsystems and nanoengineering. Submissions will be welcome in fields including design (theory, modelling or simulation), fabrication, characterization, reliability, packaging and applications of devices and systems with micro- or nano- scale features.

Read more about the journal's Aims & Scope:
www.nature.com/micronano/about/aims

Editor-In-Chief

Yirong Wu, Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences(IECAS), China

Executive Editor-In-Chief

Tianhong Cui, University of Minnesota, USA
Ian White, University of Cambridge, UK

Authors benefit from

- Open access publication – anyone can download and read your paper
- Wide exposure to a large global audience on nature.com
- Emerging resource with emphases on fundamental research in MEMS & NEMS
- Research Summaries of papers maximize your reach to interest a broader readership
- High quality peer-review and speedy on-line publication
- Internationally renowned editors and editorial board

Submit your manuscript at:
http://mts-micronano.nature.com

www.nature.com/micronano





هـــذا الشـهــــــر

افتتاحيات

رؤية كونية التعاون الكامل مِن قِبَل علماء الاجتماع يؤدي إلى الإلمام بالقضايا التي تهمّ الجمهور، والمشاركة فيها **ص. 10**

علم المناعة تنتج الفئران وسَمَك الجلكي أجسامًا مضادة للإنفلونزا، على الرغم من فروق التطور **ص. 12**

علم بيئة النبات أبعاد الجزء المركزي من زهرة الأوركيد تتشابه هي ولون هذا الجزء مع إناث الدبور بدقة شديدة **ص. 14**

بِـاسْــــــم الجَـمَـــــــال

الحقيقة المُرَّة هي أن الحبيبات الدقيقة الموجودة في الكثير من مقشرات البشرة وغيرها من منتجات العناية الشخصية هي ملوثات خطيرة للبيئة البحرية، وينبغي استبعادها في أسرع وقت.

هناك امرأة جميلة تظهر في بؤرة الضوء.. فما الذي يجعل بشرتها مشرقة بهذا الشكل؟ تَرُدّ هذه المرأة قائلة إنها تَستخدِم مقشِّر الجسم اليومي المُفَتِّح للبشرة "Positively Radiant" من شركة "أفينو" Aveeno، ليمنحها "الجَمَال الطبيعي".

ما لا يوضحه هذا الإعلان هو أن "المقشِّرات اللطيفة" الموجودة في المنتج الذي تروِّج له جينيفر أنيستون هي حبيبات صغيرة من البلاستيك.. وعندما تغسله جينيفر، أو مَن تدعوهم لاتباعها، ينزل المقشِّر في مياه الصرف، لينتهي المطاف بالعديد من تلك الحبيبات في البحر، حيث تبقى للأبد؛ وهذا أمر غير ضروري، ومُضِرّ، ويجب إيقافه.

يتفق آخرون مع ذلك، وبالفعل قد لا يستمر مقشِّر الوجه وغيره من مئات المنتجات ـ بما في ذلك معجون الأسنان ـ طويلًا. فقد أرسل المجلس التشريعي بكاليفورنيا مشروع القانون رقم AB 888 إلى حاكم الولاية جيري براون، الذي من شأنه أن يحظر إضافة كريات البولي إيثيلين، والبولي بروبيلين، وغيرهما من المواد البلاستيكية الأصغر من 5 ملِّيمترات، في منتجات العناية الشخصية، وذلك بدءًا من بعد عام 2020.

إذا اعتُمِد مشروع هذا القانون؛ فسيمنع تريليونات الحبيبات البلاستيكية من السريان في مياه الصرف؛ فعلى الرغم من أن تلك الحبيبات لا تذهب بالكامل إلى البحر، حيث تغربل محطات معالجة المياه 90% منها، إلا أن المشكلات التي تُحْدِثها ملايين الحبيبات المتبقية تظل مؤثِّرة. (كما أن الحبيبات التي تُحتبس في الرواسب في محطات المعالجة لا تختفي، بل تُرَشّ المحاصيل بالكثير منها، وتتسرب بعد ذلك إلى الأنهار والبحيرات أيضًا).

وفي ورقة بحثية نشرتها الباحثة في صحة البيئات المائية، تشيلسي روتشمان، وزملاؤها بجامعة كاليفورنيا في ديفيس، في الثالث من سبتمبر الماضي، قُدِّر عدد الحبيبات الدقيقة التي تُطلق يوميًّا في البيئات المائية بالولايات المتحدة وحدها بحوالي 8 تريليونات (C. M. Rochman *et al*. *Environ*. *Sci*. *Technol*. http://doi.org/7sw; 2015).

إن الأذى الذي تسببه هذه الحبيبات يتجاوز ما تسببه القمامة العادية؛ فحيث إن حجمها يقترب من حجم العديد من الكائنات المجهرية البحرية، تأكلها الكائنات البحرية الأكبر. وفي دراسة أُجريت في عام 2014، لوحظ استهلاك العديد من أصناف العوالق الحيوانية بالفعل لهذه الحبيبات، بما في ذلك الروبيان (الجمبري) الشفاف غير ملتحم الدرقة، والجوادف، والدولابيات، والمهدّبات (O. Setälä *et al*. *Environ*. *Pollut*. **185**, 77–83; 2014)، التي تتغذى على بعض منها الكائنات الأكبر حجمًا. وبالتالي، تراكم المواد الكيميائية السامة الموجودة في البلاستيك وغيرها من المواد الكيميائية السامة الأخرى التي تلتصق بجزيئات البلاستك بداخل السَّمَك، والتي قد ينتهي بها الحال إلى طاولة طعامنا.

لن تكون كاليفورنيا هي المكان الأول الذي يمرِّر مثل هذا القانون، لكن كون اقتصادها هو سابع أو ثامن أكبر اقتصاد على مستوى العالم، سيكون لموقفها ثقل كبير، كما حدث حين تبعتها مناطق أخرى من الولايات المتحدة، عندما اتجهت نحو وضع معايير لكفاءة وقود المحركات، أو حين وضعت شروطًا خاصة بقابلية الأثاث للاشتعال. كما أن مشروع القانون هذا تَفُوق قوته القوانين السابقة، ولا يتضمن الثغرة القانونية الشائعة التي تسمح باستخدام الحبيبات القابلة للتحلل الحيوي، والتي في الغالب لا تتحلل فعليًّا إلا في مصانع خلط الأسمدة.

لقد اختار المشرِّعون في كاليفورنيا قضية تستحق الاهتمام بالفعل، لكن الفترة المقترحة للاستبعاد التدريجي لتلك الحبيبات طويلة جدًّا، فلا يستحق الحصول على بشرة مشرقة التسبُّب في تلوث كافة محيطات الكرة الأرضية. ومن جانبها صرحت شركة "يونيليفر" (Unilever) الكبرى أنها تخلَّت بالفعل عن إضافة الحبيبات الدقيقة في كل أنواع الغسول والمقشِّرات التي تنتجها، فضلًا عن وجود الكثير من المقشرات البديلة المُختبَرة، مثل قشر الجوز، والرمل، والسكر.. فلِمَ ننتظر خمس سنوات، كي نوقف هذا التلوث؟

بينما يُحْدِث حظر هذه المواد واستبعادها التدريجي أثرًا بطيئًا، بتمويل من المنظمات الأهلية الهولندية ـ "بلاستيك سوب فاونديشن" Plastic Soup Foundation، و"نورث سي فاونديشن" North Sea Foundation ـ أنشأت حملة "لنتغلب على الحبيبات" (Beat the Microbead) تطبيقًا لمساعدة المستهلكين الذين يرغبون في عدم الإسهام في تفاقم هذه المشكلة.. فبضغطة زر يمكنك التحقق مما إذا كان مقشِّر البشرة المعروض أمامك في أروقة الصيدليات يحتوي على الحبيبات، أم لا. إن هذه الطريقة مجدية على المدى القصير، لكن في النهاية لا يجب أن يقع عبء المسؤولية على كاهل المستهلك.

> **«لا يستحق الحصول على بشرة مشرقة التسبُّب في تلوث كافة محيطات الكرة الأرضية».**

جدير بالذكر أن الحبيبات الدقيقة ليست المصدر الوحيد للمواد البلاستيكية المجهرية الموجودة في المحيطات؛ فالكرات البلاستيكية الصغيرة جدًّا المستخدَمة في صناعة المواد البلاستيكية تُسكب في البحار أيضًا، كما تتمزق الأكياس وتتكسر الزجاجات البلاستيكية بمرور الزمن.. فالرمال الموجودة على جميع شواطئ الكرة الأرضية تقريبًا تحوي حبيبات بلاستيكية لامعة صغيرة جدًّا.

تبقى كذلك المواد البلاستيكية كبيرة الحجم مشكلة خطيرة، حيث تقدِّر دراسة نُشرت في الشهر قبل الماضي نسبةَ الطيور البحرية التي تحمل البلاستيك في بطونها بحوالي 90% (C. Wilcox *et al*. *Proc*. *Natl Acad*. *Sci*. *USA* http://doi.org/7dv; 2015)، كما تتناول بعض الطيور الأكياس البلاستيكية، ظنًّا منها خطأً أنها قناديل البحر، وبعض الطيور الأخرى تصطاد ولّاعات السجائر، وأغطية الأقلام، وتذهب بها إلى صغارها؛ لإطعامهم بما تظن خطأً أنه فرائس.

تبقى عواقب وجود هذه المواد البلاستيكية على الكائنات والأنظمة البيئية البحرية وعلى صحة الإنسان محل دراسة، لكن لا يجب أن ينتظر العامة وصناع السياسات وصول هذه الأبحاث إلى نتائج تفصيلية، من أجل البدء في اتخاذ الإجراءات اللازمة. وبرغم أن حظر الحبيبات الدقيقة لن يحل مشكلة التلوث تلك، إلا أنه يُعتبر بداية سهلة. أما بالنسبة إلى جينيفر أنيستون، والملايين الذين يغسلون وجوههم بالبلاستيك، فما زال بإمكانهم الحصول على مظهر مشرق بدون إطعام الجوادف بمكونات منتجات العناية بالبشرة الخاصة بهم، وإلّا ستلازم هذه الوجوه حمرة الخجل والخزي إلى الأبد. ■

دمْــج العقـــــول

يجب على المنهج العلمي متداخل التخصصات أن يحطم الحواجز التي تفصل بين التخصصات المختلفة؛ لإقامة أرضية مشتركة.

يوجد في مدينة كاسلجار بكندا متجر لأدوات الجولف، يقدم لزبائنه خدمة تصليح المكانس الكهربائية أيضًا، كما يوجد في مدينة كوستيليك ناد أورليساي بجمهورية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



التشيك متجر يبيع كلًّا من النبيذ، والملابس الداخلية. ويبدو مثل هذا التقارن الغريب أمرًا فكاهيًّا، بسبب محدودية هذه المجالات، ولكن في النهاية لا يوجد شيء مضحك في توفير المتاجر الكبرى لخدمات تصليح الأجهزة، وبيع مضارب الجولف، والنبيذ، والملابس الداخلية، وكل شيء.. من الألف إلى الياء.

جدير بالذكر أيضًا أن الثنائيات تجعل الناس يكوّنون فكرة معينة عن مالكي المتاجر التي تحتوي على الأشياء الثنائية. وبمرور مثل هذه المشروعات بظروف معينة، فهي تعيد تعريف ما يتوقع العميل الحصول عليه من المتجر، ومن ثم، فهي تقدم شيئًا مميزًا. وبرغم أن هناك مشكلات في هذا العالم أهم مما ستفعله بالمكنسة الكهربائية، أو أثناء تفكيرك في النوع الذي ستشتريه من كُرَات الجولف، إلا أن هذا المبدأ يستحق أن تضعه في الاعتبار عندما تتصفح عدد السابع عشر من سبتمبر 2015 من دورية *Nature* الدولية، الذي خصصناه للحديث عن المنهج العلمي للتخصصات المتداخلة.

لقد اطلع معظم العلماء على هذا المصطلح، والكثيرون منهم استخدمه بالفعل، ولكن كم عدد الذين يعملون بهذا المنهج فعليًّا؟ فإذا طُبق هذا المنهج على الوجه الصحيح، لن يكون مجرد عمل متداخل التخصصات ـ أي مجموعة من الأشخاص يحلّون مشكلة ما، مستخدمين مهاراتهم الخاصة ـ ولكنه تجميع لأساليب مختلفة، تشكل شيئًا فريدًا من نوعه، ومن ثم يكون المثال الأقرب لما نحن بصدده هو المتجر الذي يبيع النبيذ والملابس الداخلية، وليس المتجر الضخم الذي يبيع كل شيء.

يكمن نجاح العِلْم الناتج عن بحوث التخصصات المتداخلة في إدراك أن هناك مسائل أو مشكلات مُلِحَّة، لا يستطيع مَن ينتمون إلى تخصص واحد التعامل معها كما ينبغي. دعونا ـ على سبيل المثال ـ ننظر عن كثب إلى ائتلاف جموع العلماء، واتحاد الأساليب المختلفة؛ من أجل العمل على القنبلة الذرية في مشروع مانهاتن. ولننظر أيضًا إلى ما هو أحدث من ذلك، وهو تقرير دورية *Nature* عن "علم التطبيق"، الذي يجمع ما بين الخبرة الطبية والمعرفة المحلية، بغرض التنفيذ الأمثل لبرامج تحسين الصحة العامة (انظر: *Nature* **523**, 516–518; 2015). وإضافة إلى كون منهج التخصصات المتداخلة يدفع الناس إلى التفكير في الأسئلة، وحل المشكلات التي لم تطرأ من قبل على الإطلاق، فيمكنه أيضًا أن يتناول المشكلات القديمة، ولا سيما تلك التي أثبتت المناهج التقليدية عدم القدرة على حلها.

لهذا.. نكتفي بهذا القدر من الكلام المنمق، ودَعُونا نقف على أرض الواقع. من الصعب إنكار عدم تشجيع النظام العلمي لتشابك الموضوعات المختلفة، بدءًا من تيارات التمويل، والجوائز الأكاديمية، وحتى أقسام الجامعة، ودوريّاتها. فمن السهل تأسيس "مركز أبحاث التخصصات المتداخلة"، ولكن الأهم من ذلك مَن يصلح للانضمام إلى مثل هذا المركز؟ إذا كانت لدى كل من الحكومات، وجهات التمويل، والجامعات، الرغبة في تشجيع المزيد من الباحثين الأساسيين على الخروج من الخنادق التي يحوطون أنفسهم بها، فهم يحتاجون إلى جعل الأرض المحرّمة لتداخل التخصصات مكانًا أكثر ترحيبًا بمَن يريد بناء مسيرته المهنية. ولا ننكر بالطبع أن هناك العديد من العقبات أمام تحقيق ذلك، وسنناقشها في السطور التالية. فقد اهتدت مجموعات إلى الطرق التي تمكّنها من تخطي هذه العقبات، ولذلك فمِن المنتظر أن تُنْتِج هذه المجموعات أعمالًا متداخلة التخصصات على مستوى رفيع. فما هي أهم الدروس المستفادة من قصص النجاح هذه؟

> «لا يمكن استعجال البحوث الحقيقية متداخلة التخصصات».

إنّ بحوث التخصصات المتداخلة تستغرق وقتًا أطول مما تستغرقه المشروعات التقليدية، مما يجعلها أكثر تكلفة، وغالبًا ما يقبل الممولون ذلك، ويتمسكون به، إذا كان مردود المشروعات الفردية سيأخذ وقتًا أكثر مما هو متوقَّع. ولا يمكن استعجال البحوث الحقيقية متداخلة التخصصات، خاصة أنه نادرًا ما يتضح أفضل مسارات البحث في البدايات، ومن ثم يجب تقييم أسئلة البحث، والبت فيها، بعد الحصول على إسهامات كل الأطراف المعنية في هذا الشأن. ولا يمكن أن تقوم قائمة مشروع متداخل التخصصات بموضوع واحد أساسي يستحوذ على معظم الموارد، ويُترك باقي الشركاء يدورون في فلكه.

إنّ الاتصالات نقطة في غاية الأهمية، فقد تبدو مشكلة الاستخدام المتفاوت للغة بين التخصصات المختلفة مشكلة بسيطة، ولكنها مشكلة يجب حلها، وإلّا سيتسبب سوء الفهم في تقويض أساسات المشروع. ولا ينبغي أيضًا أن يكون هناك تسلسل هرمي، أو حتى تصوُّر لتسلسل هرمي، حيث يجب أن تكون كل الأطراف المعنية مطمئنّة لالتزام باقي الزملاء المنتمين إلى التخصصات الأخرى بالمستوى نفسه من الدقة الأكاديمية والمكانة العلمية، حتى وإنْ بدت الأساليب المُتَّبَعة في المجالات المنافِسة غريبة. فتقدير قيمة المناهج الأخرى يَلزمه وقت، أما تقدير قيمة متجر جولف يصلِح الأجهزة المنزلية، فيَلزمه عقل متفتح. ■

تنـــوع الحيـــاة

محاولة لتعيين تسلسل آلاف الجينومات البشرية تشرف على الانتهاء من مرحلتها الأولى.

"الطبيعة هي بمثابة مجموعة صغيرة من القوانين التي تتكرر إلى ما لا نهاية"، وفقًا لقول شاعر القرن التاسع عشر الأمريكي رالف والدو إميرسون، متحدثًا عن الطبيعة، كما قال عنها أيضًا: "إنها تترنم بالهواء القديم نفسه الذي نعرفه، ولكن بأشكال متنوعة، لا حصر لها".

والعلم الحديث مُلِمّ بمعظم هذه القوانين القليلة التي تدفع الحياة إلى الأمام. وأكثرها دلالة على ذلك.. كيفية نسخ المواد الجينية لنفسها من الأصل إلى النسل. إذَن، ماذا عن التنوعات التي لا حصر لها؟ لا نعرف الكثير، ولكنها ـ على أية حال ـ لا حصر لها. وهذا لا يعني أن العلم لا يحاول، حيث تنشر دورية *Nature* في صفحاتها آخر تقارير التطورات التي خلصت إليها هذه المحاولة الهائلة، حيث تشهد هذه الصفحات إتمام "مشروع الألْف جينوم"، وهو أضخم عمل أُجرى حتى الآن؛ لتعيين تسلسل المعلومات الجينية لمئات الأفراد، في محاولة للانسجام مع التنوع البشري الذي تصنعه الطبيعة الأم. كما أنه يكمل مجموعة من أدوات الإحالة الجينومية ـ وهي مصادر البيانات الجينية التي كانت نتاج تعاون دولي مشترك ـ التي يعود أصلها إلى بداية مشروع الجينوم البشري منذ 25 عامًا.

أما المهمة الأكبر التي تكمن في تتبع العلاقات التي تربط بين التنوع الجيني والأمراض البشرية، بهدف تطوير علاجات فعَّالة لهذه الأمراض، فهي مهمة لم تنته بعد، وقد لا تنتهي أبدًا. ومِن المهم أن نعترف من آن إلى آخر بالإنجازات البارزة التي نحققها على هذا الدرب، ونفخر بها. وفي الوقت الحالي نشهد أحد هذه الإنجازات.

مجموعات البيانات التي جمعها "مشروع الألْف جينوم" موجودة بالفعل قيد الاستخدام، فالتفاصيل الجينية للمتطوعين مِلْك للجميع، وهي مصدر معلومات مفتوح ومتاح في عصر البيانات الكبرى، كما أنه يمثل أساسًا لإرساء مزيد من الدراسات عليه. ويتراوح استخدام هذه البيانات في مجال التنقيب عن الجذور الجينية للأمراض البشرية، بغرض تحليل جينات السكان والتاريخ التطوري.

وكلما تطورت التكنولوجيا، تطورت القدرة على التعرف على التنوعات الجينية على مستوى العالم. وذلك موضح بدقة في البحث المنشور. وبادئ ذي بدء، فالألف جينوم التي تم تحليلها وتسمية المشروع باسمها زادت، حتى وصلت إلى ما يزيد على 2,500، وأصبحت البيانات الآن تأتي من 2,504 أفراد، ينتمون إلى 26 فئة سكانية مختلفة. ويتنوعون من مهاجرين صينيين يعيشون في مدينة دينفر بولاية كولورادو، إلى أفراد من قبيلة لوهيا بكينيا، وكذلك بنجابيِّين يقطنون شوارع لاهور المتربة في باكستان، حيث يضم المشروع صورًا مختلفة للحياة البشرية والتعدد. وقد تم تحليل البيانات الجينية بدقة أكثر مما كان متاحًا من قبل، مما يلقي مزيدًا من الضوء على صور أكثر ندرة للتنوع. والرسالة المستفادة من ذلك هي أنه: على الرغم من اشتراك جميع الفئات السكانية في أكثر المتغيرات الجينية شيوعًا، فغالبًا ما تنحصر المتغيرات الأكثر ندرة في الجماعات الخاصة بها، وما زالت هناك متغيرات أشد ندرة تنتظر أن يتم تعريفها. والدقة التي زادت وتحققت في آخر مجموعة بيانات مكَّنتنا من رسم خريطة أكثر شمولًا للتباين الهيكلي عبر الجينوم البشري، وذلك يشمل للمرة الأولى تحليل ثماني فئات متباينة هيكليًّا.

إذَن، ما هي الخطوة التالية؟ ينبغي في مشروعات تعيين التسلسل الجينومي الاستمرار في توسيع شبكات البيانات، ومدّها أكثر من ذلك، بالاستعانة بمتطوعين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

من الجماعات الإقليمية والعرقية، التي لا تحظى بتمثيل كافٍ في قواعد البيانات الجينية العالمية. وفي الوقت نفسه، فإن الازدهار المدهش في القدرة على تعيين التسلسل الجيني ـ حتى عند مقارنة الوضع بما كان عليه عند البدء في "مشروع الألف جينوم" في عام 2007 ـ ساعد على تحريك سقف الأبحاث، من مجرد جمع البيانات إلى تحليلها وتفسيرها. وما زال أمامنا تحدِّيان، هما: فهْم المناطق غير المشفرة في الحمض النووي، وانتزاع الروابط التي تربط بين التنوع الجيني والأعراض الإكلينيكية.

كي نتمكن من استغلال المعلومات الجينية التي جمعناها، نحتاج إلى مزيد من المشروعات التي تربطها وتسندها إلى البيانات الإكلينيكية، وإلى مجموعات بيانات النمط الظاهري المُعرَّفة جيدًا. وقد نشر اتحاد UK10K مثالًا مبكرًا لمجموعات بيانات النمط الظاهري المُعرَّفة جيدًا: أول تطبيق واسع النطاق لربط تسلسل الجينوم الكامل بالخصائص المعقدة.

«يبقى هدف أخير، علينا تحقيقه، وهو جعل هذا السيل من الأبحاث الجينية التي تُجرى على مستوى السكان متعلقًا بالصحة الشخصية».

وحيث إنه ثمة روابط تم إنشاؤها بالسجلات الصحية، حتى إن هناك بعضها موجود فعليًّا في الكتب، مثل دراسة "البنك الحيوي البريطاني" UK Biobank، و"المبادرة الأمريكية للطب الدقيق" US Precision Medicine Initiative، فمن المهم ضمان الحفاظ على الأمانة العامة. ويجب أن يستمر تطوير الطرق التي يجمع بها العلماء المعلومات الشخصية الحساسة، ويخزنونها، ويتبادلونها، لضمان توفير وسائل الحماية الكافية. وقد عرض "التحالف العالمي للجينوم والصحة" The Global Alliance for Genomics and Health بدائل واعدة، ونموذجًا يمكن اتباعه.

ويبقى هدف أخير، علينا تحقيقه، وهو جعل هذا السيل من الأبحاث الجينية التي تُجرى على مستوى السكان متعلقًا بالصحة الشخصية. ولو كان الشاعر إميرسون حيًّا حتى الآن؛ لَوَافَق على ذلك، فلقد كان مناصرًا للمذهب الفردي، وهو فلسفة سياسية تؤكد على القيمة المعنوية للفرد، كما أنه احتفى بكونه غير ممتثل للأعراف. وعندما يأتي الحديث عن القوانين القليلة التي تحكم تكرار المواد الوراثية، لا يكون الأشخاص البالغ عددهم 2,504، المذكور تنوُّعهم الجيني تفصيلًا هذا الأسبوع هم فقط غير الممتثلين للأعراف، ولكننا نكون جميعًا كذلك. ■

المـــال مهـــم

ليس مهمًّا إدراك ما يملكه الناس، ولكن ما يهمّ هو قَدْر معرفتنا بممتلكاتهم التي تؤجِّج الشعور بعدم المساواة.

مِن الملائم أن توضح لنا القوانين الأساسية للطبيعة كيفية إدارة المجتمع بالطريقة الأفضل. وعندئذ، ستصبح إدارة الحكم مجرد مشكلة بسيطة، للوصول إلى المثالية في الأداء، مثل إيجاد أقصر مسار داخل شبكة ما. فنحن نستطيع العيش بدون مواجهة سياسية بين اليمين واليسار، ويمكننا حل المشكلات ببساطة، ولكن للأسف، فمشكلة الحُكْم لا يتم طرحها وتناوُلها بشكل جيد. ومِن الضروري أن يكون هناك توازن وحلول وسط. ومن ذلك، على سبيل المثال، مسألة حقوق الفرد في مواجهة صالح المجتمع ككل. وهذا ما يجعل تخصُّصَي السياسة والاقتصاد ليسا مجرد مسائل مثيرة للجدل فحسب، ولكنها مثيرة للاهتمام أيضًا.

تقع قضية عدم المساواة على رأس قائمة اهتمامات هذين التخصصين. فقليل من الناس يدافعون عن مسائل عدم المساواة كمبدأ، ولكنْ إذا تناولنا الأمر من وجهة نظر تقليدية نمطية، فإن اليمين السياسي يدافع عن حق امتلاك الثروة من مبدأ أنها مكافأة في مقابل العمل الشاق، بينما يدين اليسار مثل تلك المجتمعات "التي يحصل فيها حوالي 1% فقط من السكان على ربع الدخل القومي"، حسب قول الاقتصادي جوزيف ستيجليتس عن الولايات المتحدة. وتبرز هنا حقيقة، لا يمكن تجاهلها، وهي أن اقتصاد السوق الحر في النظام الرأسمالي سوف يخلق عدم مساواة في امتلاك الثروة. فبالنسبة إلى الشخص المنحاز بشدة إلى مبدأ اقتصاد السوق الحر، ويَعتبِر السوقَ مُحَسِّنًا لكفاءة الأشخاص واستخدام الموارد على أساس الجدارة في تحقيق الإنجازات، فإن هذا المبدأ ليس ضروريًّا فحسب، ولكنه أخلاقيٌّ أيضًا. ومن منطلق هذه الفلسفة، فإن التدخل في السوق على أمل أن تكون المحصلة "أكثر عدلًا"، يؤدي إلى عرقلة الأعمال.

مع ذلك.. فحتى لو قَبِلنا بمنطق وجود جزء من عدم تحقيق المساواة باعتباره شرًّا، لا بد منه، فإن هناك خيارات أبعد من سياسة عدم التدخل في السوق، أو مبدأ "دَعْه يعمل". فهناك قضية ساخنة مثيرة للجدل الشديد في الوقت الراهن، وهي: كيف، وإلى أي درجة يجب على مسؤولي الحكومات والمشرِّعين أن يحاولوا الحدّ من انتشار تأثير عدم المساواة؟ حيث يُقاس عدم المساواة ـ ببساطة ـ بواسطة "معامل جيني"، الذي يحدد إحصائيًّا كَمّ التبديد في توزيع الدخل. وهل يجب تقييد الشركات والبنوك؛ لوضع حد أعلى لأجور مديريها التنفيذيين؟ وهل تُفرض الضرائب للحدّ أو التقليل من احتكار الثروة المتوارَثة؟ أم أن هذا يُعتبر فِكْرًا لهندسة المجتمع، طبقًا لعقلية شيوعية مستترة؟

إن أقوى نقاط الجدال ضد هذه المعايير ليس أنها تجعل الأمور أكثر عدلًا (على الرغم من أن الدفاع عن مبدأ جدارة الفرد لتحقيق إنجازاته الفردية في سياق عدم المساواة في منطق اقتصاد السوق الحر يستوجب ـ على الأقل ـ أن يوفر فرصًا متساوية للأشخاص؛ حتى تكون لديهم القدرة على تحقيق النجاح)، وإنما أقوى النقاط ضد هذه المعايير هي أن عدم المساواة الفادح هو ما يؤدي إلى تآكل المجتمع، فهو يسبب استقطابًا للمواقف، ويثير الاضطرابات (على سبيل المثال.. حركة "أوكيوباي" Occupy)، ويقلل من الثقة والتعاون. وقد صدرت مؤخرًا في دورية *Nature* دراسة، نُشرت إلكترونيًّا، تؤيد وجهة النظر السابقة ظاهريًّا، ولكن مع إضافة القليل من الحبكة، حيث قامت مجموعات من المتطوعين في هذه الدراسة بممارسة لعبة اقتصادية بسيطة، تعتمد على التعاون (لعبة "المنافع العامة"). في هذه اللعبة، يستطيع المشاركون خسارة أو كسب ثروة، عن طريق إعادة التوزيع الطوعي، من خلال الشبكات الاجتماعية. وقد بدأت اللعبة بثلاثة مستويات مختلفة من عدم المساواة (A. Nishi *et al*. *Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature15392; 2015). وكانت ثروة بعض المشاركين خلال بعض جولات اللعبة معلَنة للغير بشكل واضح، بينما تم إخفاء مقدار ثروة البعض الآخر. وفي حالات الثروات "المخفية"، حدث أنْ تقاربت نتائج اللعبة في منحنى منخفض القيمة لِقِيَم "مُعامِل جيني"، بينما أظهرت نتائج حالات الثروة "المعلَنة" منحنى متوسطًا أكثر ارتفاعًا (وأقل ثباتًا) لِقِيَم "مُعامِل جيني". وقد استفحلت هذه النتيجة عندما كان مستوى عدم المساواة في البداية أكبر. وبمعنى آخر.. فإن إخفاء الثروة أدَّى ـ ببساطة ـ إلى تقليل تفاوت الثروة في غيرها من الألعاب والشبكات المتطابقة.

لا يزال الشيء الملاحَظ والأكثر أهمية هو أن الثروة المُعلَنة قد أدّت إلى انخفاض مجمل التعاون والترابط داخل الشبكة الاجتماعية. وفي الحقيقة، أدّت إلى انخفاض إجمالي الثروة الكلية. وكما يقول الباحثون: "إن عدم المساواة في حد ذاته ليس المشكلة، وإنما ظهور عدم المساواة بوضوح هو المسبِّب للمشكلة". وهذا القول يتناسب مع الفكرة المترسخة بأن فروق الثروة النسبية ـ وليست المطْلَقة ـ هي التي تنتقص من السعادة، وتؤجج الخلاف: إننا نستاء مِن أنّ ما يملكه جيراننا لا نملكه نحن. وما يثير السخط ليس معرفة أن الآخرين يملكون أكثر مما نملك، ولكن إظهار تلك الفروق بشكل فج وبتفاخر هو ما يؤدي إلى ذلك.

مِن الخطورة أن نعتقد أن هذه التجارب المختبرية يمكن استقراؤها في رسالة سياسية أو أخلاقية مطبَّقة على الحياة الواقعية. فهذه التجارب تجعلنا ننزع مما قد يملكه الرأسماليون من ذهب وثروات زائدة مزوَّدة بأغلى الأطعمة والمشروبات، ولكن يجب أن نكون حذرين من تبعاتها، خصوصًا لو وافقت أفكارنا المسبقة عن الأمر. إضافة إلى ذلك.. يوجد هنا مجال لإغضاب كل أطراف الطيف السياسي.. فقد يتحصن اليمينيون بالقضاء في هذه الحالة بشأن أحقيَّة إخفاء المرء ثروته، حيث إن غير ذلك قد يضعِف مبدأ الحرية الشخصية: أليس من حق كل امرئ أن يصرف ماله كيفما يشاء؟ بينما قد يشعر اليساريون بعدم الارتياح لفكرة التهاون في مسألة عدم المساواة، طالما ظلت هذه المسألة بعيدًا عن النِّقاش. وعلى كل حال، تُرى هل سيؤدي هذا إلى إحداث مناخ من السِّرِّيَّة، وإثارة الشبهات؟

في الوقت الراهن، ينبغي أن تكون هذه النتائج مصدرًا للمعرفة، وتوسيع دائرة النقاش. فهي تُظْهِر ـ على سبيل المثال ـ أن عدم المساواة ليس نتيجة لآليات السوق وحدها، ولكنه انعكاس خفي لسلوكياتنا وميولنا. والأكثر أهمية من كل هذا.. أن هذه النتائج ـ بجانب التجارب السلوكية ذات الصلة حول دور العقاب في ألعاب المنافع العامة ـ تُعتبر تذكيرًا لنا بأن مصطلح "الأرواح الحيوانية"، الذي أطلقه جون ماينارد كينز، يلعب دورًا لا يمكن اختزاله فيما يتعلق بتشكيل اقتصاد السوق. فقد حان الوقت لنضع حدًّا لمفهوم "الإنسان الاقتصادي" *Homo economicus* العقلاني. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp



ضــرورة التكامل بين العلوم الاجتماعية، والبحــث العلمــي

ترى **آنا فيسيو** إن يجب السماح لعلماء الاجتماع بالقيام بدور تعاوني كامل؛ حتى يتسنى للباحثين الإلمام بالقضايا التي تهم الجمهور، والمشاركة فيها.

يضع المموِّلون ومسؤولو المؤسسات البحثَ العلمي الذي يعنى بالتحديات والفرص على رأس أولويّاتهم في عالَم يتسم بالتعقيد وتداخل التخصصات. وفي هذا الإطار، أطلق صانعو السياسات والمنابر المؤثرة ـ بما في ذلك دورية *Nature* ـ تحذيرات من حالة عدم التواصل بين البحث العلمي من جانب، واحتياجات الجماهير واهتماماتهم من جانب آخر. وتَمَثَّل أحد الحلول المقترَحة في اندماج علماء الاجتماع ـ ومِن بينهم كاتبة هذه السطور ـ في المبادرات المموَّلة حكوميًّا؛ للإسهام في إنتاج علوم "أفضل"، كما هو متوقَّع.

رغم ذلك.. لا تصبّ خبراتي في هذا الاتجاه؛ فقد قضيت ثلاث سنوات عقيمة ومحبِطة داخل "جامعة كورنيل للعلوم والتكنولوجيا النانوية" بمدينة إيثاكا في ولاية نيويورك، والشبكة الوطنية الأمريكية للبِنْيَة التحتية للتكنولوجيا النانوية. ورغم أني تركت العمل في هذه المؤسسات قبل حوالي عقد من الزمان، إلا أن أصدقائي وزملائي الذين يعملون في مشروعات مشابهة يؤكدون لي أن المشكلة متفشية، وأن شيئًا لم يتغير؛ حيث يَحصُر كثير من العاملين في مجالات العلوم الفيزيائية والحياتية فكرةَ العلوم الاجتماعية في الدور "الخدمي"، الذي يسمح لها بمراقبة العمل، دون التدخل فيه.

يستند التكامل في نموذجه الراهن إلى فرضية مؤداها أن دور العلوم الاجتماعية يتمثل في وضع "المجتمع" في دائرة اهتمامات المشروعات العلمية، مما يضاعف من فوائد وإنجازات البحث العلمي، ويحدّ من التأثيرات السلبية والجدل العام بشأنه. وبعبارة أخرى.. أن نتحول من علماء مستقلين إلى شركاء صامتين، يقدمون الرعاية اللازمة للعلوم الطبيعية. وهكذا، يتحول التكامل إلى أداة لتجسيد الحدود، بدلًا من وسيلة لإزالتها ومَحْوها؛ مما يؤدي إلى قَمْع الأسئلة التي يطرحها علماء الاجتماع، والخبرات التي يسهمون بها، أو إخفائها، لأننا نبقى في النهاية خارج العلم "الصحيح".

إضافة إلى ذلك.. يُعَدّ التكامل إجراءً غير متكافئ؛ فالعلوم الاجتماعية (أو بالأحرى العالِم الاجتماعي الفرد)، لا يتم إدراجها في المشروع، إلا بعد أن تتحدد معالمه. وتتمثل هذه الحالة من عدم التكافؤ في كافة أوجه عملية التكامل، بدءًا من السلطة، ومرورًا بأعداد العاملين، والتمويل، والإنتاج المعرفي، ووصولًا إلى الاستقلالية، إلا أنها تبقى غير ظاهرة في التفاعلات الروتينية التي تحدد ما يمكن اعتباره نشاطًا صالحًا مِن وجهة نظر علم الاجتماع، ومَن المنوط به تحديد ذلك. ولا يمكن اعتبار ذلك تكاملًا حقيقيًّا؛ لأنه يقوم على التشدق بالفكرة، بينما يبدد في الواقع وقت الجميع، إضافة إلى الأموال العامة التي تدعمه.

عندما باشرتُ عملي مع علماء التكنولوجيا النانوية، توقعت ـ بسذاجة ـ أن خبراتي كعالمة في وصف الأجناس البشرية ستضيف إلى البحث العلمي؛ فأعددتُ نفسي لدراسة ثقافة المختبرات، وبحْث تفاعلاتها مع المجتمع الأوسع، اعتقادًا مني بأن ذلك سيكون مفيدًا، لا سيما في ضوء التصريحات المتكررة من قِبَل خبراء التكنولوجيا النانوية عن رغبتهم في المشاركة، والحديث عن المخاطر والمكاسب المحيطة بعملهم.

ويبدو أن العلماء الآخرين كانوا ينظرون إلى دوري باعتباره يتعلق بإدارة قائمة مصغرة من المخاطر والنتائج، بحيث إنه إذا اتبع أحد الباحثين تعليماتي، ووضع العلامة في المربع المناسب، فإن ذلك يعني أني سأبارك هذا العمل من الناحية "الأخلاقية"، وكذلك "الاجتماعية"، وأنهم سيتمتعون بالحرية الكاملة في أداء عملهم، دون قلق. لقد تم تقديمي بصورة روتينية (خاطئة) كعالمة في الأخلاق. ومن ثم، توقع الجميع أني سأجد الحدّ الأدنى من الوسائل غير المعرقلة للتعامل مع القضايا الاجتماعية والأخلاقية. لم تكن هذه هي المهمة المنوطة بي، ولا التي أرغب في أدائها. وقد ازداد الأمر سوءًا بتصنيف محاولاتي لمدّ جسور التواصل مع زملائي التقنيين ـ على سبيل المثال.. بارتداء الزي الخاص بغرفة الأبحاث، وتعلُّم كيفية استخدام بعض الأدوات ـ في التقارير المعملية السنوية، باعتبارها شكلًا من أشكال "التجاوز". وبذلك.. لم تكن إسهاماتي عند البعض تتمثل في تقديم خبراتي لإثراء العمل، وإنما في الرغبة في تعلُّم كيفية التفكير في التكنولوجيا النانوية بصورة لائقة.

رغم ظلال الشك التي ألقت بها هذه الخبرات على موقفي من التكامل بين العلوم، إلا أني لم أزل غير مستعدة لنبذ فكرة التعاون المثمر بين العلوم الطبيعية والاجتماعية، لا سيما في ضوء إمكانية تنفيذ بعض الإصلاحات بسهولة، مثل المبادرات التي تهدف إلى ضرورة استيعاب عملية التكامل، حيث يجب أن تحتوي على فرق كاملة من علماء الاجتماع، وليس على عالِم أو اثنين، ومنْح هذه الفرق الاستقلالية المالية والإجرائية الكاملة؛ لتحديد وتنفيذ مهامهم وأنشطتهم.

> لكي تصبح إسهامات العلوم الاجتماعية **مفيدة ومؤثرة** لا بد من **إعادة النظر** في الهياكل **التمويلية.**

من ناحية أخرى، لا بد أن تشهد عملية التخطيط للتكامل بين العلوم إجراء إعادة تقييم لما يُطلِق عليه علماء الاجتماع "حالة" المشروعات، التي تحدد الجهة المموِّلة للمشروع، وبالتالي تحدد مَن يمتلك سلطة اتخاذ القرارات بشأن ما ينبغي عمله، وطريقة العمل، وما يمكن أن يقال عنه. ولكي تصبح إسهامات العلوم الاجتماعية مفيدة ومؤثرة، لا بد من إعادة النظر في الهياكل التمويلية. وفي الحالة المثالية، سيؤدي ذلك إلى زيادة في التمويل المستقل لفروع العلوم الاجتماعية، دون مطالبة بالتكامل، أو التبعية لموضوع بعينه، إلا أن هذا يبدو أمرًا بعيد المنال، ولذلك يتعين علينا العمل باتجاه هياكل تمويلية للمشروعات، تحدد – من الوهلة الأولى – النسبة المخصصة للعلوم الاجتماعية، وتضرب حولها سياجًا من حديد.

كل ذلك غير كاف؛ إذ إن عملية "التكامل" بين العلوم الطبيعية والاجتماعية لن تؤتي ثمارها، إلا إذا أجرينا تغييرًا جذريًّا في المفهوم، من "تقديم الخدمات اللازمة"، إلى "التعاون بين النظراء المتساوين في الأهمية". ويتضمن ذلك إجراء تغيير جذري في التربية والممارسة العلمية، وإعادة وضع الأطر التي تُعرِّف مفهوم النجاح باستمرار. كما يتعين علينا التأكيد على قيم التعددية، وتباين التخصصات؛ حتى لا ينكمش التفكير التعددي أمام فكرة الصوت الواحد، وكذلك يتعين إفساح المجال أمام الاختلاف، الذي يشغل مركز القلب في عملية الإنتاج المعرفي.

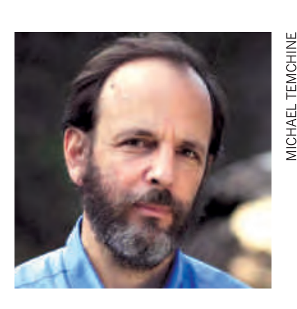
ربما يكون هذا هو الأهم؛ حيث إنه في عالم تتراجع فيه معدلات التمويل للعلوم الاجتماعية والإنسانية، يصبح التغريد خارج السرب أمرًا بالغ الصعوبة والأهمية في آن واحد. لذا.. يتعين علينا الشروع في التفكير في وسائل جديدة للمشارَكة، تحقق الفائدة لنا جميعًا. ■

آنا فيسيو أستاذ مساعد في الجامعة الأوروبية، لشبونة، وعضو مركز الجامعة الدولية لتاريخ العلوم والتكنولوجيا، وجامعة لشبونة للعلوم، جامعة لشبونة.
البريد الإلكتروني: ana@anaviseu.org

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/9k3duC

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث


MICHAEL TEMCHINE

لن تعالِج القابلية للتكرار وإعادة الإنتاج ما عَجَز العِلْم عن علاجه

يكشف **دانيال سيرويتز** مشروع القانون الرامي إلى جعل البيانات المتعلقة بالتنظيم البيئي أكثر شفافية، عن الحد الضبابي الذي يفصل بين العلم والأيديولوجية.

ها هُم قادة المجتمع العلمي يُقِرُّون ـ بضغط من الصحافة، ومن ضمنها دورية نيتشر *Nature* ـ أن الثقافة العلمية التي اعتادت التركيز على امتداح نتائج الأبحاث الملفِتة للنظر والإيجابية، ربما تكون قد تسببت في إنتاج مجموعات كبرى من المعارف غير القابلة للتكرار وإعادة الإنتاج.

يبذل كل من القطاع الخاص، وبعض المجموعات الأكاديمية، والمؤسسات غير الهادفة إلى الربح، جهودًا متعددة لإعادة إنتاج مجموعة مختارة من نتائج الأبحاث المنشورة، بيد أن النتائج التي خلصت إليها هذه العملية حتى الآن لا تبدو جيدة. فلقد عجزت محاولات عديدة رفيعة المستوى عن إعادة إنتاج معظم الدراسات المحكمة من قِبَل الأقران الذين قاموا بفحصها، وفي الوقت نفسه تستعد الأكاديميات الوطنية الأمريكية لنشر تقرير رفيع المستوى عن النزاهة العلمية، من شأنه أن يصنف عدم القابلية للتكرار وإعادة الإنتاج كأحد أبرز اهتمامات المؤسسات البحثية. ومع تسليط الضوء على مسألة القابلية للتكرار وإعادة الإنتاج، تظهر موضوعات مزعجة في المساحات المشتركة بين الأبحاث والسياسة "المستندة إلى أدلة".

ولنأخذ مثالًا على ذلك.. قانون إصلاح سِرِّيَّة العلوم لعام 2015، وهو مشروع قانون أمريكي، من شأنه أن "يمنع وكالة حماية البيئة من اقتراح، أو إتمام، أو نشر اللوائح أو التقييمات العلمية، إلا إذا كانت تتمتع بالشفافية، وقابلة للتكرار وإعادة الإنتاج". ولقد مرر مجلس النواب هذا المشروع في مارس، كإحدى سياسات الحزب (وافقه الجمهوريون، وعارضه الديمقراطيون)، وهو الآن في انتظار رأي مجلس الشيوخ، بيد أن مشروع هذا القانون يواجه معارضة العديد من المنظمات العلمية والبيئية.

وحجتهم في ذلك ـ التي قد تكون على صواب ـ أن النية من وراء مشروع هذا القانون هي عرقلة اللوائح البيئية، بل والعودة بها إلى حالها السابق، عن طريق اشتراط إتاحة كل البيانات التي تقوم عليها القواعد للجمهور، بحيث يتمكن الباحثون المستقلون من إعادة إنتاجها. وتكمن أهم أوجه الاعتراض في عدم كون الكثير من الأبحاث العلمية التي تقوم عليها القرارات التنظيمية من النوع الذي يمكن إعادة إنتاجه. فعلى سبيل المثال.. يفسر البيان الذي يعبِّر عن اعتراض عدد من المجتمعات العلمية والجامعات الأمر كما يلي: "بالنسبة إلى قابلية الأبحاث للتكرار وإعادة الإنتاج، بعض الأبحاث العلمية ـ لا سيما في مجال الصحة العامة ـ تَستخدِم دراسات طولية، وهي بطبيعتها كبيرة جدًّا، وتستمر لمدد طويلة، ومن ثم، ليس من المعقول تكرارها وإعادة إنتاجها، ولكن يمكن إعادة هذه الدراسات عن طريق استخدام نماذج إحصائية".

لكي نكون أكثر دقة.. نقول إن تكرار وإعادة إنتاج الأبحاث التي تتطلب تجارب معملية ذات مستوى عال من التحكم، هو بالفعل أمر مستحيل غالبًا، إذا كنت بصدد دراسة سلوك الأنظمة الديناميكية المعقدة، مثل تداخل الصحة الإنسانية مع البيئة الطبيعية، والمخاطر التكنولوجية، ولكن من الصعب الوقوف على كيفية إسهام ذلك في حجة تدحض إصدار تعليمات بإتاحة الدخول على البيانات الخاصة بهذه الدراسات. أضف إلى ذلك.. أن القلق المتزايد حيال مدى جودة النتائج العلمية المنشورة، غالبًا ما كان يُظهِر ممارسات إحصائية ونماذج افتراضية سيئة، كما أنه يركِّز إجمالًا على أنواع العلوم التي غالبًا ما تشكل أساس اللوائح، مثل الجهود المبذولة لإحصاء الآثار الصحية لمادة كيمائية معينة على مستوى السكان.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/dACsOp

على الرغم من أن القلق من تبعات مشروع هذا القانون يُعَدّ قلقًا منطقيًّا، إلا أن الاستياء من فكرة نشر البيانات التي تكمن وراء اللوائح البيئية يتعارض مع المزاعم الأصيلة للعلم بكونه موضوعيًّا وشرعيًّا. وفي يونيو الماضي، أشارت مجموعة من الأصوات البارزة ـ متضمِّنةً رؤساء الأكاديميات الوطنية الحاليين والقادمين، من خلال تعليقات في دورية "ساينس" ـ إلى "الشفافية المتزايدة"، و"الإفصاح الزائد عن البيانات" على أنها عناصر أساسية في طبيعة العلم في "التصحيح الذاتي"، مما يساعد على التعامل مع "الطفرة المزعجة في نتائج الأبحاث غير القابلة للتكرار وإعادة الإنتاج" (B. Alberts *et al*. *Science* **348**, 1420–1422; 2015).

وهذا هو تقريبًا الموقف الذي اتخذه راعي مشروع قانون سِرِّيَّة العلم، وهو النائب لامار سميث (جمهوري، من تكساس)، حيث يقول: "يَشترِط مشروع القانون على وكالة حماية البيئة استخدام البيانات المتاحة للجمهور عند وضعها للوائح الخاصة بها، مما يسمح للباحثين المستقلين بتقييم الدراسات التي تستخدمها الوكالة لتبرير اللوائح التي تصدرها، وهذا هو المنهج العلمي".

> إنّ مسألة **ضمان الجودة** ستصبح مسألة **تفسير سياسي.**

هذه المعركة حول روح العلم تكاد تكون سيريالية في تجنُّبها للموضوع الأساسي، الذي يُعتبر موضوعًا أيديولوجيًّا. فأحد الجانبين يَعتقِد أنه على الحكومة طرح لوائح بيئية أكثر صرامة، أما الجانب الآخر، فيريد تقليص القيود المفروضة على السوق. والعِلْم هو ساحة هذه المعركة، ولكنه لا يستطيع أن يحكم في هذا النزاع الدائر، فالخلاف في جوهره خلافٌ حول القِيَم، وليس الحقائق، إضافة إلى أننا نجد أن الحقائق ذاتها حتمًا غير كاملة، وغير مؤكدة، ومتنازَع عليها، كما أنها غالبًا لا يُعتمد عليها، كما تَعَلَّمنا.

هذان الجانبان اللذان يتنازعان حول سِرِّيَّة العلوم يشبهان الزوجين المطلَّقَيْن في تصارعهما الشديد حول حضانة طفلهما، فكلا الجانبين مُصِرٌّ على أن جُلّ اهتمامه هو مصلحة العلم فقط، فالجمهوريون يصوِّرون العلم بصورة محدودة للغاية، ومثالية (وهي أنه يمكن استخلاص نتائج واضحة منه، وقابلة للتكرار وإعادة الإنتاج)، ويَستخدِمون هذه الصورة كسلاح لإضعاف اللوائح الخاصة بالبيئة والصحة العامة بالقطاع الخاص. ولطالما استخدم علماء كثيرون ومختصون في شؤون البيئة وديمقراطيون صورًا شبيهة بتلك الصورة لتبرير اللوائح نفسها، والقضاء على الجمهوريين باتهامهم بأنهم مُعَادون للعِلْم، إذا لم يتفقوا معهم.

ها هو العلم يتناول موضوعات متعلقة بالمجتمع والسياسة أكثر فأكثر، وغالبًا لا تكون مصداقية هذا العلم قابلة للاختبار باستخدام مناهج التكرار وإعادة الإنتاج الموجودة في الكتب، مما يعني أن مسألة ضمان الجودة ستصبح مسألة تفسير سياسي. كما أن ذلك يعني أيضًا أن طبيعة العلم في "التصحيح الذاتي" ـ التي خدمت العلم على مدار السنوات الخمسمائة الماضية ـ لم تعد تكفي لحماية مكانة العلم الخاصة في المجتمع. ومن ثم، يجب على العلماء التحلي بالوعي الكافي، للتعرف على العلاقة بين معتقداتهم السياسية، وكيفية تقييمهم للأدلة العلمية، والاعتراف بذلك بصورة منفتحة. ■

دانيال سيرويتز مدير مساعد في الاتحاد الخاص بالعلم والسياسة وآثارهما، في جامعة ولاية أريزونا، وهو يعيش في واشنطن.
البريد الإلكتروني: daniel.sarewitz@asu.edu

أضـواء على الأبحـاث مقتطفات من الأدبيات العلميـة

الفيزياء

صَدْع في النموذج القياسي!

هناك إشارة من مصادم هادرون الكبير (LHC) قد تحدى النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، بشأن كيفية تفاعل المادة والقوى. فقد كشفت تجربة LHCb في سيرن ـ المختبَر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، الواقع بالقرب من جنيف ـ عن فرق غير متوقَّع في معدل خضوع جسيمات قصيرة الأجل ـ تُسمى ميزونات B ـ لحالات اضمحلال معينة إلى الميونات والتاوات (أبناء عم الإلكترون الأثقل منه). ينص النموذج القياسي على أنه بمجرد أخذ الفروق بين كتلة الجسيمات في الاعتبار، يجب أن يحدث الاضمحلال عند المعدل نفسه تمامًا.

إن الانحراف صغير، وفرصة أن يكون مجرد تذبذب إحصائي في ضجيج عشوائي مرتفعًا جدًّا، ليستحق أن يُعَدّ اكتشافًا (قيمة الدلالة (للانحراف المعياري) 2.1 سيجما، ولكن عتبة أي اكتشاف للفيزيائيين هي 5 سيجما). ومع ذلك.. فإن النتائج مثيرة للاهتمام؛ لأنها تطابِق قياسات سابقة قدَّمَتْها تجربتان مختلفتان في أماكن أخرى.

***Phys. Rev. Lett.* (in the press)**



FLIP NICKLIN/MINDEN PICTURES/FLPA

سلوك الحيوان

الحيتان التي تطقطق تؤلف عصبة

تَشكِّل حيتان العنبر عشائر من خلال تعلُّم نداءات صوتية من حيتان أخرى تغني مثلها. وهذا النوع من "نقل الثقافة" يُعَدّ صفة بشرية في المقام الأول.

تَستخدِم عشائر حوت العنبر لهجات متميزة من الطقطقات للتواصل. ولمعرفة كيفية تشكُّل مجتمعاتها المعقدة، استخدم موريشيو كانتور وزملاؤه ـ بجامعة دالهوسي في هاليفاكس، كندا ـ بيانات تغطي 18 سنة من النداءات الصوتية لحيتان العنبر (*Physeter macrocephalus*؛ في الصورة) من جميع أنحاء جُزُر جالاباجوس؛ لبناء عدة نماذج حاسوبية ممكنة لأعداد الحيتان. في عمليات المحاكاة، لم تتشكل العشائر التي لوحظت في الطبيعة عندما كانت النداءات الصوتية موروثة جينيًّا، أو مكتسَبة من حيتان عنبر أخرى بشكل عام، لكن العشائر تشكلت عندما اعتمدت الحيوانات النداءات الأكثر شيوعًا، الصادرة عن كائنات معينة، خاصة تلك ذات أنماط التواصل المتماثلة. يعزز هذا الإشارةَ إلى أن البشر ليسوا الثدييات الوحيدة التي تتمايز وفقًا لأوجه التشابه في السلوك المكتسَب.

***Nature Commun.* 6, 8091 (2015)**

علم المناعة

سَمَك غريب يستخدم خدعة مناعية قديمة

تنتج الفئران وسَمَك الجلكي استجابة أجسام مضادة مماثلة للإنفلونزا، على الرغم من مئات ملايين السنين من التطور التي تفصلهما.

إن الجلكي (**في الصورة**) هو سمك عديم الفك، عاش السلف المشترك له مع الثدييات منذ 550 مليون سنة. يدافع السمك عن نفسه باستخدام أجسام مضادة، لا تشبه تلك التي تنتجها أجهزة المناعة في الفقاريات الفكية. وقد عرض باحثون بقيادة جوناثان يوديل ـ من المعهد الوطني للحساسية والأمراض المعدية في بيثيسدا بولاية ميريلاند ـ يرقات الجلكي لفيروس إنفلونزا معطل، ووجدوا أن خلايا دمها أنتجت أجسامًا مضادة، تتعرف على مواقع الأحماض الأمينية الأساسية أعلى بروتين الجلوتين في الإنفلونزا. هذه هي المنطقة نفسها التي تستهدفها الأجسام المضادة للإنفلونزا في الفئران، مما يشير إلى أن الأجسام المضادة للجلكي والفأر تتعرف على مسبِّبات الأمراض بطريقة متشابهة، رغم الفجوة التطورية الضخمة بينهما.

***eLife* 4, e07467 (2015)**

علم الفلك

أبْعَد مجرّة حتى الآن

رصَد فلكيون المجرّة الأبعد حتى الآن، عن طريق الكشف عن فوتونات منبعثة من سدم الهيدروجين بها، عندما كان الكون ـ الذي يُقَدَّر عمره بنحو 13.8 مليار سنة ـ لا يتجاوز عمره 600 مليون سنة.

نادرًا ما تصل هذه الفوتونات إلى التليسكوبات على الأرض، لكنّ آدي زيترين وزملاءه ـ بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في باسادينا ـ كانوا قادرين على اكتشافها باستخدام تليسكوب في مرصد "دبليو إم كيك" في مونا كيا في هاواي. وجد الباحثون أن الطول الموجي للفوتونات القادمة قد تَمَدَّد أثناء سفرها، مشيرًا إلى أن المجرّة ـ واسمها EGSY8p7 ـ يتجاوز بُعْدها 13.2 مليار سنة ضوئية (4 مليارات فرسخ فلكي).

يقول الباحثون إن رؤية انبعاث الهيدروجين من مجرّة بعيدة كهذه قد يتحدَّى الفهم الحالي لتطوُّر الكون.

***Astrophys. J. Lett.* 810, L12 (2015)**

PAUL VAN HOOF/NATUREINSTOCK.CO/ARDEA.COM

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الفيزياء

شَرَك حلقي الشكل يحتجز أيونات

يمكن أن يعلق شرك كهرومغناطيسي 400 أيونا في وقت واحد، وتوفير نظام مفيد لدراسات معالجة المعلومات الكمية.

يمكن تعليق أيونات في مكانها باستخدام مجالات كهربائية متذبذبة وثابتة، ولكن احتجاز أعداد كبيرة يمثل تحديا؛ لأنه يجب أن يعادل المجربون حقول الخلفية الحتمية عند موقع كل أيون. فقد استخدم دانيال ستيك وزملاؤه – بمختبرات سانديا الوطنية في ألبوكيرك، نيو مكسيكو – 88 قطبًا؛ لقياس المجالات الكهربائية غير المرغوبة عند نقاط حول الشرك حلقي الشكل ثم قمعها. وعن طريق معادلة حقول الخلفية في اتجاه واحد فقط، نجح الباحثون في محاصرة 400 أيون كالسيوم على مسافات متساوية حول الدائرة.

إن معظم أجهزة الكم المقترحة ترتب الأيونات في شبكات مربعة، ولكن قد توجد استخدامات لسلاسل الأيونات الدائرية في تصاميم جديدة فضلا عن أجهزة المحاكاة الكمية، كما يقول الباحثون.

Phys. Rev. Appl. **4, 031001 (2015)**

فيزياء المواد المكثفة

اكتشاف جسيمات "ويل"

اكتشفت ثلاث مجموعات بحثية منفصلة جسيمات مشابِهة لفرميونات "ويل"؛ وهي الجسيمات الأولية عديمة الكتلة، التي تم التنبؤ بوجودها لأول مرة في عام 1929، ولكن لم تُرصَد قط.

يبحث الفيزيائيون الذين يفتشون عن هذه الفرميونات عن خصائصها غير المألوفة في السلوك الجماعي لجزيئات أخرى. وقد شهد هونج دينج، وتيان شيان وزملاؤهما ـ بالأكاديمية الصينية للعلوم في بكين ـ "أشباه الجسيمات" هذه من خلال سبر عيِّنة من أرسنيد التنتالوم بحزمة من الأشعة السينية. وفي يوليو الماضي، أعلنت مجموعة منفصلة من الباحثين بقيادة زاهد حسن ـ من جامعة برينستون في ولاية نيو جيرسي ـ أنها رأت الجسيمات في المادة نفسها. وأفاد لينج لو وزملاؤه ـ بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ رؤية مؤشرات للجزيئات في سلوك ضوء يمر من خلال بلورة. وقد تتيح هذه النظم التجريبية للباحثين سبر الخصائص الغريبة المقترنة بجزيئات "ويل".

Phys. Rev. X **5, 031013 (2015);** ***Science*** **349, 613–617; 622–624 (2015)**

علوم الكواكب

دوران أسرع لعطارد

يدور عطارد أسرع بتسع ثوان مما كان يَعتقِد العلماء، ربما بسبب تأثير جاذبية كوكب المشتري. فقد درَس باحثون بقيادة ألكسندر ستارك ـ من مركز الفضاء الألماني في برلين ـ بيانات لمدة ثلاث سنوات من المركبة الفضائية "ميسنجر"، التابعة لوكالة "ناسا"، التي دارت حول الكوكب بين عامي 2011، و2015، وقاست دوران عطارد بدقة أكثر من أي وقت مضى.

تؤكد البيانات أيضًا أن الكوكب لديه لب خارجي منصهر، مما يتسبب في أن يدور هذا الجزء بسرعة مختلفة عن الطبقات الداخلية الصلبة.

Geophys. Res. Lett. **http://doi.Org/7mc (2015)**

السرطان

نوع ورم "الشيطان" يؤثر على نِسَب البقاء

هناك سلالات لأورام الوجه المعدية ـ التي تدمِّر أعداد شيطان تسمانيا (*Sarcophilus harrisii*) ـ يمكن أن تؤدي إلى نتائج أسوأ للحيوانات.

فقد رصد رودريجو هاميدي وزملاؤه ـ بجامعة تسمانيا في هوبارت، أستراليا ـ تفشى مرض ورم وجه الحيوان في موقع في شمال غرب ولاية تسمانيا منذ عام 2006. وفي البداية، كانت معدلات بقاء الحيوانات في هذا الموقع أعلى من مجموعات أخرى مصابة بالمرض، ونسبة الحيوانات المصابة أقل بشكل عام. وقد وُجد في أورام هذه الحيوانات أربع مجموعات من الكروموسومات.

ومنذ عامي 2011–2012، استبدلت سلالة الورم "رباعية الصبغيات" هذه بنوع "ثنائي الصبغيات"، به مجموعتان من الكروموسومات، اكتشف الباحثون أنه مرتبط بزيادة انتشار المرض في الحيوانات البالغة (من حوالي 25% من الحيوانات المصابة إلى 80%)، وانخفاض كبير في أعدادها. ويحذر الباحثون من أن اختلاف الأورام قد يشكل كلًّا من أنماط الوباء، ونتائجه.

Proc. R. Soc. B **282, 20151468 (2015)**

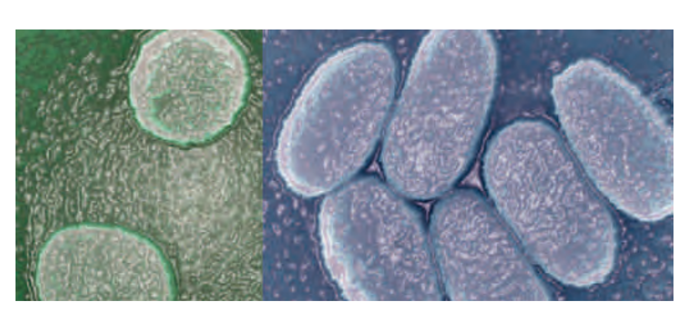
علم الفيروسات

فيروس عملاق من تربة صقيعية

أُنْعِش نوع جديد من فيروسات "عملاقة" من عينة عمرها 30 ألف سنة من تربة سيبيريا الصقيعية. لقد شوهد أول فيروس عملاق بوضوح تحت المجهر الضوئي في عام 2003. وتم اكتشاف أنواع عديدة منذ ذلك الحين، بما في ذلك *Pithovirus sibericum* (**في الصورة** على اليمين) المكتشف في تربة صقيعية في عام 2014. وقد عزل الآن جان ميشيل كلافيري، وشانتال أبيرجيل وزملاؤهما – من معهد علم الأحياء الدقيقة للبحر الأبيض المتوسط التابع للمركز القومي للأبحاث العلمية (CNRS) في مرسيليا، فرنسا – فيروسًا عملاقًا أيضًا من عينة التربة الصقيعية نفسها.

وجد الباحثون الفيروس – يدعى *Mollivirus sibericum* (في الصورة إلى اليسار) ويُرى كجسيمات كروية حجمها حوالي 500–600 نانومتر – يتكاثر في مزارع الأميبا الملقحة بالتربة الصقيعية. وجينوم الفيروس هو حمض نووي ثنائي السلسلة مكون من 651523 زوج قاعدة، ويخلو على غير المعتاد من التكرارات. ويرجح الباحثون عدم ندرة هذه الفيروسات.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1510795112 (2015)**



CHANTAL ABERGEL

اختيـــار المجتمـــع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

مشاركة إخفاقات العلوم على "تويتر"

ينتهي المطاف بأفضل قصص نجاح الباحثين في المجلات، ولكن الكثير من القصص الأقل نجاحًا وجد طريقه إلى "تويتر" مع "هاشتاج" #FailingInSTEM. فقد طمأنَتْ حكاياتٌ عن الأوقات المثبطة والحوادث المضحكة غالبًا الآخرين بأنه من الممكن التغلب على الفشل خلال الطريق إلى النجاح العلمي. فقد كتبت إيمي إيكرت ـ طالبة الدكتوراة في بيولوجيا الخلية في جامعة ساسكس في برايتون بالمملكة المتحدة ـ في تغريدة لها: "إن تغريدات #FailingInSTEM ذات أهمية قصوى! ومِن المُطَمْئِن جدًّا أن نعرف أن هناك علماء آخرين يخطئون". وقد بدأت نيكول كابريرا سالازار ـ طالبة الدكتوراة في علم الفلك بجامعة ولاية جورجيا في أتلانتا ـ هذا النِّقاش حول #FailingInSTEM على "تويتر"، بعد أن تعرضت إحدى صديقاتها لانتكاسة علمية: "نحن بحاجة إلى إخبار شبابنا أن الناس العاديين غير المعصومين يُجْرُون الأبحاث. إننا نخطئ كل يوم، وهذا جزء من العمل #FailingInSTEM". تظن نيكول أن الباحثين الشباب الآخرين قد ينتفعون من التذكير بأن العِلْم لا يدور حول التجارب الناجحة، والمنشورات البراقة. واختتمت حديثها قائلة: "لا يتحدث الناس عن كافة الأوقات التي حطَّموا فيها شيئًا في المختبَر، أو قاطعتهم صيحات استهجان أثناء عرض تقديمي".

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/mzblhl

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المواد النانوية

واقي الشمس يبقى على سطح الجلد

قد يَحُول استخدام الجسيمات النانوية لتغليف مرشحات الأشعة فوق البنفسجية (UV) الموجودة في واقي الشمس دون امتصاصها عن طريق الجلد، بل قد يحسِّن أداءها عند حجب الأشعة فوق البنفسجية.

أظهرت بعض الدراسات أن مرشحات الأشعة فوق البنفسجية الكيميائية لها آثار سلبية على الخلايا عندما تنفذ من الجلد. ولوقف هذا الامتصاص، غلّف مارك سالتزمان وزملاؤه ـ بجامعة ييل في نيو هيفن، كونيتيكت ـ مرشح أشعة فوق بنفسجية قياسيًّا (باديمات O) بجسيمات نانوية تتضمن مجموعات ألدهيد لزجة على سطحها. التصقت مرشحات الأشعة فوق البنفسجية المغلفة بجلد الفئران والخنازير، حتى عند تعرُّضها للماء، ومنعت الجسيمات النانوية المرشحات من النفاذ من الجلد.

وامتصَّ واقي الشمس الذي استخدم هذه الجسيمات النانوية، واحتوى على 5% فقط من كمية مرشحات الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في واقي الشمس التقليدي، المستوى نفسه من الأشعة فوق البنفسجية.

***Nature Mater*. http://dx.doi.org/10.1038/nmat4422 (2015)**

علم الأعصاب

صوتٌ يحفِّز خلايا دودة

تم استخدام موجات فوق صوتية، لتحفيز خلايا دماغ فردية في دودة. وإذا نجح استخدام هذه التقنية مع الفئران، فقد تكون وسيلة أقل شِدّةً لدراسة خلايا عصبية محددة.

يزرع علماء الأعصاب حاليًّا مسابر في أدمغة الحيوانات؛ لتحفيز خلايا تم تعديلها وراثيًّا لتصبح حساسة للضوء. وبدلًا من ذلك.. أدخل سريكانث شالاساني وزملاؤه ـ بمعهد سالك للدراسات البيولوجية في لاجولا، كاليفورنيا ـ بروتين TRP-4 الحساس للضغط في عصبونات الدودة الخيطية *Caenorhabditis elegans*. وضع الباحثون الديدان بعد ذلك في طبق "بيتري"، مغمور جزئيًّا في حمام مائي، وأرسلوا دفقة قصيرة من الموجات فوق الصوتية في الطبق، ونقلوا إشارات ميكانيكية إلى TRP-4؛ لتفعيل عصبونات معينة.

وعن طريق إضافة البروتين TRP-4 إلى عصبونات ذات وظائف مختلفة، تمكّن الباحثون من عكس اتجاه الديدان التي تزحف بحُرِّيَّة، أو منعها من ذلك، أو القيام بانعطافات حادة أكثر تواترًا عند الاستجابة لنبضة وجيزة من الموجات فوق الصوتية.

***Nature Commun*. 6, 8264 (2015)**

التطور

ألسنة النحل تتقلص مع احترار المناخ

تطورت ألسنة النحل في بعض أنحاء جبال روكي في الولايات المتحدة لتصبح أقصر، وذلك ـ على الأرجح ـ استجابة لانخفاض أعداد الأزهار، الناجم عن تغيُّر المناخ.

درست نيكول ميلر ستراتمان وزملاؤها ـ بجامعة ولاية نيويورك في أولد ويستبري، نيويورك ـ النحل في ثلاثة مواقع شاهقة في جبال روكي. وعلى غرار الموائل الجبلية الأخرى في أنحاء العالم، شهدت جبال روكي انخفاضًا في عدد الأزهار، بسبب ارتفاع درجات الحرارة، والتربة الأكثر جفافًا. وقاس الباحثون ألسنة 170 نحلة، فوجدوا أنها صارت أقصر بمعدل مليمترين تقريبًا منذ السبعينات في نوعين من أنواع النحل السائدة في تلك المنطقة، هما: (*Bombus balteatus*، و*Bombus sylvicola*).

تتيح الألسنة الأقصر للنحل أن تتغذى على الرحيق من مجموعة أكثر تنوعًا من الأزهار، وليس من الزهر ذي الكأس الطويلة فقط.

***Science* 349, 1541–1544 (2015)**

علم بيئة النبات

أشكال الأوركيد تخدع ذكور الحشرات

لقد تأقلَم شكل أزهار الأوركيد؛ لجذب دبابير ملقِّحة. تجتذب هذه النباتات المزهرة ذكور الحشرات الملقِّحة، من خلال إنتاج مواد كيميائية تحاكي فيرمونات نظرائها من الإناث، إلا أن تأثير شكل الزهرة على الملقحات لم يكن واضحًا.

ولبحث هذا.. درَس مارينوس دي جاجر، ورود بيكال ـ بالجامعة الوطنية الأسترالية في كانبيرا ـ نوعين من أوركيد *Chiloglottis*، ينفثان الفيرمون نفسه، ونوعين من دبابير *Neozeleboria* التي تلقح الأزهار.

وجد الباحثان أن الدبابير تسافدت على نحو أكثر تواترًا، ولفترات زمنية أطول (**في الصورة**) مع زهرة الأوركيد التي تلقحها الدبابير عادةً.

لقد شابهت أبعاد ولون الجزء المركزي من زهرة الأوركيد إناث الدبور بدقة شديدة، وأتاح الشكل العام للزهرة احتواء ذكور الدبور بشكل أفضل داخلها.

***Funct. Ecol*. http://doi.org/7rd (2015)**

سلوك الحيوان

سَمَك يمدّ فكَّه ليتغذى على الأرض

يوجد نوع من السمك، لديه وسيلة غير اعتيادية للأكل، حيث يمدّ فكّه للخارج وإلى الأسفل؛ للإمساك بفريسة على الأرض. فقد التقط كريجن ميشيل وزملاؤه ـ بجامعة أنتويرب في بلجيكا ـ فيديو عالي السرعة لسَمَك ذي أربع عيون، كبير القشور (*Anableps anableps*) يتغذى من الضفاف الطينية، وقاموا بإعادة تمثيل ثلاثية الأبعاد له. وجد الباحثون أن السَّمَك يمدّ الفك العلوي نحو الأرض، ويلفّه، بينما يدير الفك السفلي إلى الأسفل بزاوية قائمة، ما يتيح له إحكام فمه حول فريسته.

تختلف هذه الآليّة عن تلك الخاصة بالسَّمَك الآخر الذي يتغذى على الأرض،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الذي إمّا يلوي أجسامه كلها إلى الأسفل، أو يدور على زعانفه نحو الفريسة.
J. Exp. Biol. 218, **2951–2960 (2015)**

تغير المناخ

الهواء النظيف يعرض الثلوج القطبية للخطر

قد يحدّ الهواء النظيف في أقصى الشمال من مساحة جليد البحر القطبي الشمالي بحوالي مليون كيلومتر مربع في هذا القرن.

ولتلوث الهواء أثر مبرِّد للمناخ، مثلما كان يعوض ـ جزئيًّا ـ تراجُع جليد البحر القطبي الشمالي منذ منتصف السبعينات. استخدم جون فايف وزملاؤه ـ بالمركز الكندي لنمذجة المناخ وتحليله في فيكتوريا، كندا ـ نموذجًا لنظام الأرض؛ لمحاكاة تغيرات الجليد البحري في القرن الواحد والعشرين، وبدون الانخفاضات المتوقعة في انبعاثات الهباء الجوي العالمية. كان الهواء النظيف يمثل 15ـ40% من ذوبان الجليد في القطب الشمالي في المحاكاة في إطار مجموعة من سيناريوهات انبعاثات الغازات الدفيئة.

وفي اختبار لنموذج به انبعاثات مرتفعة من الغازات الدفيئة، وانخفاضات كبيرة متوقعة لتلوث الهواء، أصبح المحيط القطبي الشمالي خاليًا من الجليد موسميًّا في عام 2045، أي قبل 12 عامًا مما كان عليه، عندما أُبقيت انبعاثات الهباء الجوي عند مستويات عام 2000.
Geophys. Res. Lett. **http://doi.org/7tt (2015)**

علوم الكواكب

مناخ معتدل على كواكب خارجية!

ربما تحتوي كواكب خارج نظامنا الشمسي على أنماط رياح تُنْتِج مناخات صالحة للحياة. فقد استخدمت لودميلا كاروني وزملاؤها ـ بجامعة لوفان في بلجيكا ـ نماذج مناخية حاسوبية؛ لدراسة درجات حرارة الغلاف الجوي، وأنماط الرياح على كواكب ذات أجواء شبيهة بالأرض. تدور الكواكب المختارة بالقرب من نجوم قزمة حمراء، ويواجه نجومها الجانب نفسه دائمًا. وجد الفريق 3 مناخات ممكنة لكواكب تكمل مداراتها في أقل من 12 يومًا. ومِن المحتمَل أن يُستطاع العيش في مناخين منهما، بسبب دفقات الرياح، التي تمنع جانب الكوكب المعرَّض للنجم مِن أنْ يصبح شديد السخونة.

يقول الباحثون إن هذه النتائج قد تساعد على توجيه اختيار الكواكب الخارجية للدراسة في المستقبل.
Mon. Not. R. Astron. Soc. 453, **2412–2437 (2015)**

الزراعة

الأثر البيئي للمحاصيل ينخفض

ظلَّ الأثر البيئي لمحاصيل الذرة والقطن على النظم البيئية للمياه العذبة في الولايات المتحدة آخِذًا في التناقص على مدى العقد الماضي، وذلك بسبب استخدام نباتات معدلة وراثيًّا، تتطلب إضافة مبيدات أقل.

قَيَّم سانج-ون سوه، وبي يانج ـ من جامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا ـ الآثار البيئية المحلية للمحاصيل، بما في ذلك التلوث من جرّاء الجريان السطحي المباشر للأسمدة والمبيدات الحشرية، وكذلك من التجهيز والنقل. وجد الباحثون أن تأثير الذرة والقطن انخفض بنحو 50% خلال العقد الماضي. ومع ذلك.. فقد زاد تأثير محاصيل فول الصويا ثلاثة أضعاف، نظرًا إلى انتشار آفة غازِيَة لفول الصويا، وما استتبع ذلك من زيادة استخدام المبيدات الحشرية.

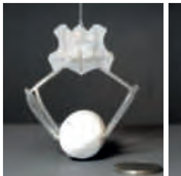
يقول الباحثان إن أي تحسينات إضافية قد تكون أصعب؛ لأن الآفات والحشائش بدأت في تطوير مقاومة لمبيدات الآفات التي تنتجها المحاصيل المعدلة.
Environ. Res. Lett. 10, **094016 (2015)**

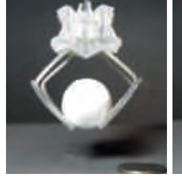
علوم الروبوت

روبوت يتحرك عندما ينضغط

يمكن للمواد المرنة الطريّة، التي تتجعّد في الفراغ، أن تولِّد حركات الروبوت. فقد بنى جورج وايتسايدز وزملاؤه ـ بجامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس ـ مشغلات ليِّنة من مكعبات إسفنجية تحتوي على جيوب هوائية. وصَّل الباحثون مكونات صلبة ـ كملاقط، أو ساقين ـ بالمكعبات، وسحبوا الهواء من الجيوب باستخدام التفريغ. تَسبَّب هذا في انطواء المكعبات، ما ساق حركة أجزاء الروبوت المرفقة. وعند إزالة الفراغ، عادت المكعبات إلى شكلها الأصلي. ومن خلال تكرار تغيير الضغط المستخدَم، صنع الفريق روبوتات قادرة على السير، أو الإمساك بأجسام (**في الصورة**).

أعلن الباحثون أنه يمكن تكديس المشغلات المتجعدة أيضًا؛ لتتيح حركات أكثر تعقيدًا.
Adv. Mater. **http://doi.org/f3gcnp (2015)**



DIAN YANG/ADV. MATER. 2015

اختيـــار المجتمـــع
الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

دعوة للتعامل مع طوفان البيانات

بينما لا يزال عدد الأبحاث الطبية الحيوية يواصل نموه الحثيث، تنهار نوعية ومصداقية العلم تحت وطأة كل هذه البيانات. وقد خلص إلى هذا الاستنتاج مقال في دورية "إي لايف" *eLife*، وأثار مناقشة على الإنترنت هذا الأسبوع. يقترح العمل ـ الذي يستند إلى مقابلات مع 20 عالمًا أمريكيًّا مجهولي الهوية ـ إعادة النظر بصورة جذرية في نظام مراجعة الأقران؛ للتعامل مع "فيضان" البيانات. ولخَّص إريك مولرز ـ متخصص بيولوجيا الخلايا في معهد كارولينسكا في ستوكهولم ـ القضية على "تويتر" قائلًا: "دوريات كثيرة جدًّا.. وباحثون كثيرون للغاية، لكنّ الجودة منخفضة جدًّا: فيضان العلوم #science، وآثاره على الثقة"، لكن لا يوجد إجماع على ذلك. فقد كتب سافراج جريوال ـ متخصص بيولوجيا الخلايا في جامعة كالجاري في كندا ـ في تغريدة له قائلًا: "هل هناك حقًّا مشكلة في فَيْض البيانات في مجال العلوم ؟ لا أعتقد ذلك".
eLife 4, **e10825 (2015)**

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتداوَلة.. انظر:
www.nature.com/4seski

بيولوجيا النبات

تقنية "كريسبر" تشلّ فيروسات نباتية

تتمتع النباتات التي تمت هندستها وراثيًّا لاحتواء تقنية "كريسبر-كاس 9" بمقاومة للعدوى الفيروسية التي تحدّ من غلة المحاصيل.

تَستخدم تقنية "كريسبر" ـ المكتشَفة لأول مرة في البكتيريا ـ جزيئات حمض نووي ريبي معينة بمثابة أدلّة؛ للتعرف على مواقع محددة بالحمض النووي في الجينومات التي يقطعها إنزيم كاس 9 بعد ذلك. وقد صمَّمت مجموعتان من الباحثين دليل حمض نووي ريبي؛ لاستهداف حمض نووي لفيروسات توأمية تصيب العديد من المحاصيل، وتعطيله. ركّزت كاكسيا جاو وزملاؤها ـ بمعهد علم الوراثة وعلم الأحياء التطويري في بكين، التابع للأكاديمية الصينية للعلوم ـ على فيروس التجعد الشديد لقِمّة البنجر. ووجد الباحثون أن النباتات المحوَّرة جينيًّا لاحتواء كريسبر-كاس 9 احتوت حمض نووي فيروسيًّا أقل بنسبة 60–80% من نباتات المراقبة، ولم تظهر عليها أعراض المرض، مثل تجعُّد الورق. وبالمثل، استهدف دانيال فويتاس وزملاؤه ـ بجامعة مينيسوتا في مينيابوليس ـ جينوم فيروس الفاصوليا القزمية الصفراء، ووجدوا بروتينًا فيروسيًّا أقل بنسبة 5–87% في النباتات المصابة المهندَسة وراثيًّا. يقول فريقا الباحثين إنه يمكن استخدام هذه الاستراتيجية لتطوير نباتات محوَّرة جينيًّا، مقاومة للأمراض.
Nature Plants **http://dx.doi.org/10.1038/nplants.2015.144 (2015); http://dx.doi.org/10.1038/nplants.2015.145 (2015)**

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

أحداث

نيجيريا.. بدون شلل

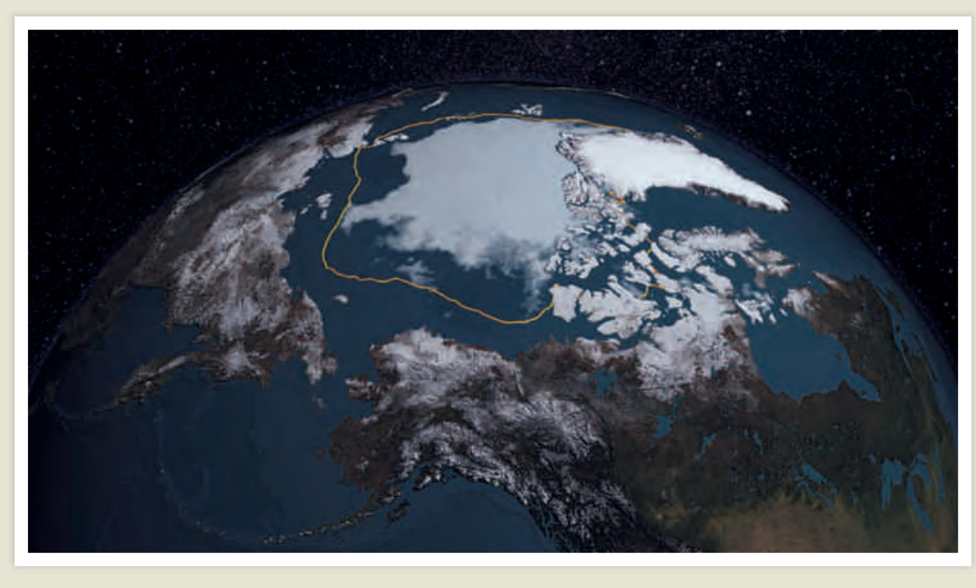
حذفت منظمة الصحة العالمية ـ التي مقرها مدينة جنيف في سويسرا ـ نيجيريا رسميًّا من قائمة الدول التي ما زال ينتشر بها فيروس شلل الأطفال البري. وبهذا الخبر الذي أُعلن عنه في الخامس والعشرين من سبتمبر الماضي، تبقى أفغانستان وباكستان فقط، اللتان ما زالتا تأويان الفيروس. وفي يوليو الماضي، احتفلت نيجيريا بمرور عام كامل على عدم ظهور أي حالات إصابة جديدة بالمرض.

علماء لاجئون

بينما تكافح ألمانيا لاستيعاب تدفق عشرات الآلاف من اللاجئين، أغلبهم سوريّون، تسعى الجامعات الألمانية والمنظمات البحثية لاجتذاب العلماء الموهوبين من بين هؤلاء اللاجئين. يستطيع العلماء والباحثون المهاجرون التسجيل بالمؤسسات الألمانية عبر موقع www.chance-for-science.de. وهو منبر إلكتروني، أنشأه أكاديميون بجامعة لايبتسيش عبر الإنترنت، كي يستطيع اللاجئون من ذوي الكفاءات العالية التواصل مع العلماء الألمان. وقد أعلنت جمعيّتا "فراونهوفر"، و"ماكس بلانك" عن مبادرة مشتركة لضم علماء لاجئين إلى المعاهد التي تخضع لإدارتهما.

نقطة تحوُّل للملاريا

أعلنت منظمة الصحة العالمية (WHO)، ومنظمة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسيف) ـ في السابع عشر من سبتمبر الماضي ـ عن تحقيق هدف جوهري في خفض الوفيات التي يسببها مرض الملاريا. فمنذ عام 2000، وبعد وضع الأمم المتحدة هدف خفض أعداد الإصابة بالملاريا، كأحد الأهداف الإنمائية للألفية؛ انخفضت نسبة الإصابة بالملاريا بنسبة 37% على مستوى العالم. وانخفضت نسبة الوفيات الناتجة عن الإصابة بالملاريا بنسبة 60%، ما يعني إنقاذ 6.2 مليون شخص، لكنّ المنظمتين تحذِّران من أن المعركة ما زالت مستمرة، فقد وقعت 200 مليون حالة إصابة جديدة في عام 2015 فقط. وتطالب خريطة طريق منظمة الصحة العالمية الأخيرة بزيادة خَفْض نسبة الإصابات والوفيات الناتجة عن الإصابة بالملاريا؛ لتصل إلى 90% بحلول عام 2030.



NASA/GODDARD SCIENTIFIC VISUALIZATION STUDIO

انخفاض جليد بحر القطب الشمالي

أعلن المركز الوطني الأمريكي لبيانات الثلوج والجليد (NSIDC) ـ ومقرّه مقاطعة بولدر في ولاية كولورادو ـ في الخامس عشر من سبتمبر الماضي، أن الغطاء الجليدي ببحر القطب الشمالي تَراجَع هذا الصيف، حتى بلغ أدنى مستوياته للمرة الرابعة، منذ أن بدأ التسجيل بالقمر الصناعي في عام 1979. كما تراجعت المساحة الصغرى لسطح جليد القطب الشمالي لعام 2015 عن المتوسط السنوي للمساحة في الفترة بين عامي 1979، و2000 (الخط الأصفر) بنسبة 34%. أمّا أقل مساحات جليدية تم تسجيلها أثناء فصل الصيف، فكانت كلها خلال الأعوام التسعة الماضية. هذا.. وتؤثر درجة حرارة الجو، والضغط الجوي، وأنماط الرياح على حجم الغطاء الجليدي بمنطقة القطب الشمالي. ويحذِّر المركز الوطني الأمريكي لبيانات الثلوج والجليد من احتمال ذوبان المزيد من الجليد.

تأمين الاتفاق الإيراني

ضَمِنَ الرئيس الأمريكي باراك أوباما الحصول على ما يكفي من أصوات الحزب الديمقراطي بمجلس الشيوخ الأمريكي، للتغلب على معارضة الجمهوريين، من أجل إنجاح اتفاق يوليو 2015 متعدد الأطراف حول برنامج إيران النووي. يتصدى الجمهوريون للاتفاق، ويخططون لإصدار قرار برفضه. ولمنع صدور هذا القرار نهائيًّا، تحتاج إدارة أوباما إلى جمع 41 صوتًا من أصل 100 صوت في مجلس الشيوخ، ولكن إذا استطاع أوباما الحصول على 34 صوتًا على الأقل لصالح الاتفاق، يمكنه استخدام حقه في الاعتراض لمنع صدور قرار الرفض. وفي السابع من سبتمبر الماضي، بلغ عدد الديمقراطيين المؤيدين للاتفاق بمجلس الشيوخ 38 عضوًا.

منشآت

انطلاق مرصد "ليجو"

بدأ "مرصد مقياس التداخل الليزري لموجات الجاذبية" المتطور ـ المعروف اختصارًا بمرصد "ليجو المتطور" LIGO ـ في جمع البيانات بشكل رسمي في الثامن عشر من سبتمبر الماضي. لدى كل جهاز من جهازي "ليجو" المتماثلَيْن ـ اللذين يقعان في ولايتي لويزيانا، وواشنطن ـ ذراعان، يبلغ طول كل منهما 4 كيلومترات. بلغت تكلفة التطويرات التي أُجريت لمرصد "ليجو" الأوّلي، الذي كان يستخدم في قياس موجات الجاذبية في العقد الأول من القرن الحالي، مبلغ 200 مليون دولار أمريكي. هذه التموجات الزمانية- المكانية، هي واحدة من توقعات آينشتاين الكبرى، وفقًا لنظريته في النسبية العامة، التي ما زال يجب رصدها بشكل مباشر. في اليوم ذاته، وافقت إيطاليا وفرنسا على مدّ تعاونهما في مرصد "فيرجو" ـ النظير الأوروبي لمرصد "ليجو" ـ لمدة خمسة أعوام أخرى بعد عام 2020.

سياسات

خَفْض الانبعاثات

تعهَّدت البرازيل ـ في السابع والعشرين من سبتمبر الماضي ـ بخفض انبعاثاتها من الغازات الدفيئة بنسبة 37%، مقارنة بمستويات عام 2005، وذلك بحلول عام 2025، آملة في وصول نسبة الانخفاض إلى 43% بحلول عام 2030. والبرازيل هي أول دولة نامية كبيرة تتعهد بخفض الكَمّ المُطْلَق للانبعاثات، ولكن علماء البيئة يقولون إن التعهد كان من الممكن أن يكون أقوى من ذلك، لأن نسبة كبيرة من

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ذلك الخفض تحقَّقت بالفعل، بسبب حدوث انخفاض في نسبة إزالة الأشجار بنحو 82% في غابات الأمازون منذ عام 2004. وتعهدت البرازيل أيضًا برفع كفاءة الطاقة، والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة.

حَظْر منتجات غذائية

صوَّت البرلمان الأوروبي لصالح إجراء حظر شامل داخل دول الاتحاد الأوروبي على استخدام الأغذية والأعلاف، المحلية منها أو المستوردة، المأخوذة من الحيوانات المستنسَخة وسلالاتها. تدعم هذه القوانين مسودة قانون، طرحتها المفوضية الأوروبية في عام 2013؛ لمَنْع بيع المنتجات الغذائية المشتقة من الحيوانات المستنسخة. قال البرلمانيون إن التعديلات المقترَحة، التي صوَّت البرلمان لصالحها في الثامن من سبتمبر الماضي، تعكس اهتمام الكثير من المستهلكين برعاية الحيوان وسلامة الغذاء، إلا أن فايتنيس أندريوكايتيس، المفوض الأوروبي للصحة والسلامة الغذائية، وصف التعديلات بأنها "مُبَالَغ فيها"، وحذَّر من إمكانية إثبات "استحالتها قانونيًّا".

تأييد "كريسبر"

أيَّدت خمس منظمات بحثية بارزة بالمملكة المتحدة العمل على تحرير الجينوم البشري. قالت المجموعة التي تضم صندوق "وِيلْكَم تراست" وهيئة البحوث الطبية في بيان لها ـ في الثاني من سبتمبر الماضي ـ إنها تريد أن ترى المزيد من النقاشات حول أخلاقيات استخدام تقنيات تحرير الجينوم، مثل "كريسبر/كاس9". إنّ التقنيات ما زالت غير جاهزة للتجارب الإكلينيكية، ولكن المجموعة تقول إنها ستستمر في تمويلها ودعمها. جدير بالذكر أن أبحاث تحرير الجينوم في المملكة المتحدة مقتصرة في الوقت الحالي على الخلايا غير التناسلية والأجنة البشرية التي تقل أعمارها عن 14 يومًا.

شخصيات

الحكومة اليونانية

استمر العالِم المتخصص في فيزياء الليزر، كوستاس فوتاكيس، في منصبه وزيرًا للأبحاث والابتكار في الحكومة اليونانية الجديدة، بعد فوز حزب سيريزا اليساري في الانتخابات المبكرة. من المتوقع أن يعمل فوتاكيس، الذي أُعلِن عن بقائه في منصبه في الثاني والعشرين من سبتمبر الماضي، على تنفيذ خططه الرامية إلى تحسين الوضع المتدني للبلاد في مجال الأبحاث، وهي أهداف عكف على تحقيقها منذ يناير الماضي، عندما اختير للمنصب في المرة الأولى. تضمنت وعود الوزير نداءات كبيرة بطرح مقترحات بحثية في أكتوبر الماضي، وعلى المدى البعيد.. إنشاء أول صندوق تمويل يوناني مخصص للأبحاث العلمية.

تمويل

دفعة لأفريقيا

سيتقاسم باحثون في الدول الأفريقية مبلغًا، قدره 46 مليون جنيه استرليني (ما يعادل 70 مليون دولار أمريكي)، خلال برنامج يهدف إلى بناء كفاءات علمية. فقد تم الإعلان عن أول سبع جوائز من جوائز "تنمية التميز في القيادة والتدريب والعلوم" (دلتا) في العاشر من سبتمبر الماضي. تتعدد مجالات الجوائز من الصحة العقلية في زيمبابوي إلى التدريب على القيادة العلمية في كينيا. وبدءًا من عام 2016، سوف تتم إدارة برامج دلتا ـ التي يموِّلها صندوق "وِيلْكَم تراست" الطبي الحيوي، الذي يقع في لندن، وإدارة التطوير الدولي بالمملكة المتحدة، ومؤسسة "بيل وميلندا جيتس" ـ عن طريق "تحالف النهوض بالعلوم في قارة أفريقيا" (AESA)، الذي تم تكوينه حديثًا. (انظر: *Nature* **520**, 142–143; 2015).

أبحاث

ماء مالح على المريخ

أعلنت "ناسا" ـ في الثامن والعشرين من سبتمبر الماضي ـ عن وجود مياه مالحة حاليًّا على سطح المريخ. وتُظْهِر البيانات التي تم الحصول عليها من المركبة المدارية "مارس ريكونيسانس أوربيتر" Mars Reconnaissance Orbiter أن الخطوط الداكنة متغيرة الظاهرة على بعض المنحدرات المريخية تحتوي على أملاح (L. Ojha *et al*. *Nature Geosci*. http://doi.org/7xw; 2015). ولطالما ربط العلماء بين تلك الخطوط (**في الصورة**)، وبين احتمال وجود مياه متدفقة على سطح المريخ، إلا أن التحليل الكيميائي الأخير قدَّم أقوى دليل حتى الآن على وجود مياه حاليًّا على الكوكب الأحمر، ربما بالتربة الرطبة المالحة.

NASA/JPL/UNIV. ARIZONA

ستونهنج عملاق

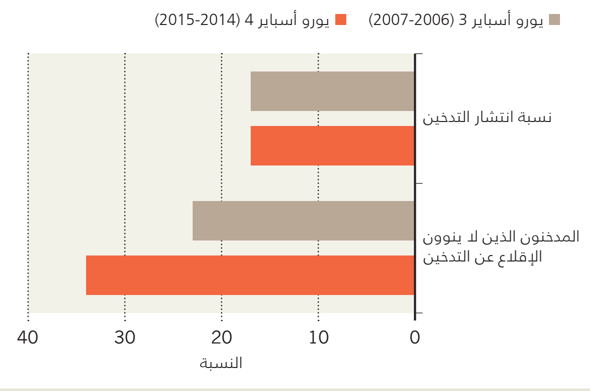
اكتشف الباحثون صفًّا مكونًا من 90 حجرًا على الأقل، يبلغ عمره خمسة آلاف عام عند الأثر "ستونهنج"، الذي يرجع إلى عصور ما قبل التاريخ، ويقع بالقرب من ساليسبري بالمملكة المتحدة. أعلن مشروع "المناظر الطبيعية المخفية في ستونهنج" ـ في السابع من سبتمبر الماضي ـ أنه عثر على الأثر على بعد ثلاثة كيلومترات من دائرة الأحجار الشهيرة، باستخدام تقنيات لا تعتمد على الحفر، وأنّ ارتفاع بعض الأحجار يبلغ 4 أمتار ونصف المتر، وقد يعود تاريخ إنشائه إلى 3000 عام قبل الميلاد، مثل "ستونهنج". يبدو أن الأحجار تم دفنها عن عمد تحت أعمال الحفر الهندسية لحلقة جدران "دورينجتون" الضخمة الحالية. ولم يتم التنقيب عن بقايا الآثار حتى الآن، إلا أن الفريق يأمل في أن تساعد تلك الآثار على الوصول إلى فهم أفضل للعصر الحجري.

أراضٍ دائمة التجمُّد

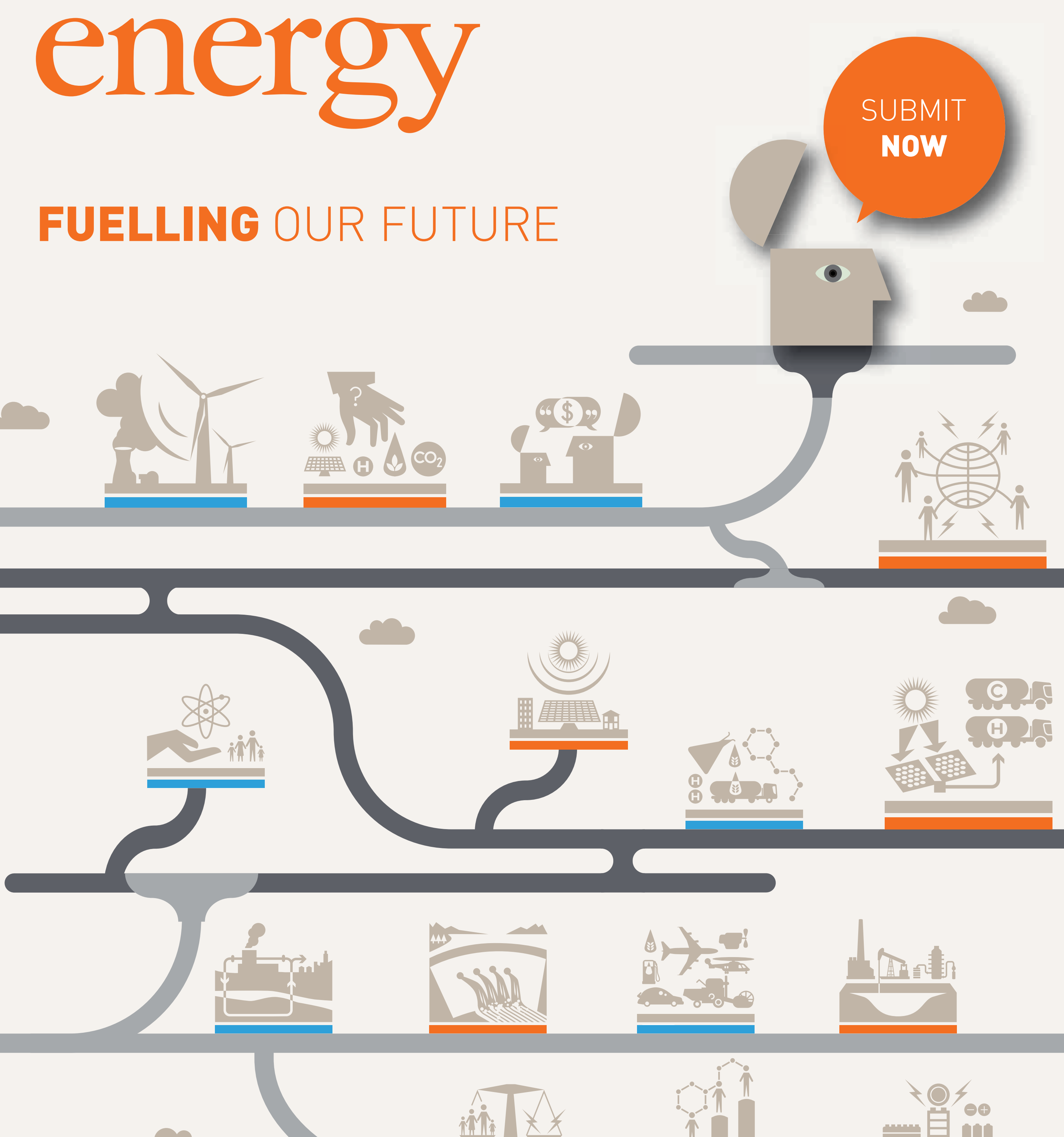
أطلقت الشبكة البرية العالمية للأراضي دائمة التجمُّد (GTN-P) ـ وهي ائتلاف دولي، يهدف إلى إنشاء نظام إنذار مبكر لذوبان الجليد بالأراضي دائمة التجمُّد؛ ليستخدمه العلماء وصناع السياسات ـ أوّل قاعدة بيانات دولية قياسية لبيانات الأراضي دائمة التجمد. ترصد قاعدة البيانات ـ المموَّلة من الاتحاد الأوروبي ـ درجات حرارة التربة المجمدة، وعمق الذوبان السنوي. وتلعب الأراضي دائمة التجمد دورًا رئيسًا في التغير المناخي، بسبب انبعاث الغازات الدفيئة منها، كثاني أكسيد الكربون والميثان، عند ذوبانها.

مراقبة الاتجاهات

أظهرت دراستان، تفصل بينهما 8 أعوام، أُجريتا في جميع أنحاء أوروبا على الأشخاص المعرّضين للإصابة بأمراض القلب أن نسبة المدخنين ما زالت كما هي 17%، أما نسبة الأشخاص الذين لا ينوون التوقف عن التدخين، فقد ارتفعت بشكل حاد من 23% إلى 34%. وأجرت الجمعية الأوروبية لطب القلب دراستي "يورو أسباير" في أعوام 2006-2007، و2014–2015. وإجمالاً، بلغت أعداد مَن أُجْرِيَت عليهم الدراسة 5,890 فردًا في بلغاريا، وكرواتيا، وبولندا، ورومانيا، والمملكة المتحدة، منهم 3,827 فردًا شاركوا في الدراستين.



SOURCE: ESC


SUBMIT
NOW
$
H
CO_2
C
H

أخبــــار في دائرة الضـوء


EPA/SEDAT SUNA/CORBIS

لاجئون سوريون ينتظرون الحافلة في مدينة اسطنبول بتركيا: الصراع الدائر في الشرق الأوسط يضيع على الكثير من الشباب فرص الالتحاق بالتعليم العالي.

الشرق الأوسط

ظهـور جيـل ضـائع في الأفـق، بسبب عـدم التحـاق اللاجئيـن بالجامعـات

قد تَحُول الفجوة التعليمية دون إعادة الإعمار في الشرق الأوسط.

ديكلان بتلر

تدعو منظماتُ حقوق الإنسان الجامعات والحكومات في شتى بقاع العالم إلى زيادة الاستثمار في تعليم مئات الآلاف من الطلاب اللاجئين الفارّين من المناطق التي مزّقتها الحروب في الشرق الأوسط. وحذّروا من مغبة فقدان البلاد التي تشهد صراعات لجيل من العلماء، والمهندسين، والأطباء، والمدرسين، وزعماء المستقبل، منبِّهين إلى أن اللاجئين في سن الجامعات الذين وجدوا ملاذًا آمنًا في أماكن أخرى يمثلون الأمل في استعادة رأس المال الفكري المفقود. يقول روبرت كوين، المدير التنفيذي لشبكة «علماء في خطر»، وهي مجموعة مناصرة لحقوق الإنسان مقرها في نيويورك سيتي: «كلما خسرنا أستاذًا، أو طالبًا، ازداد التحدي لإعادة المنطقة إلى ما كانت عليه، بعد أن يهدأ العنف في نهاية المطاف».

كما يحذر كوين من أن اتساع الفجوة التعليمية في الشرق الأوسط من شأنه أن يخلق بيئة خصبة لتجنيد المليشيات المتطرفة والإرهابيين، قائلًا: «مِن مصلحة أوروبا والغرب حماية رأس المال الفكري في المنطقة، والاستثمار فيه، فليس من الحكمة ألا نستثمر فيه بسخاء، لأن هذا ينطوي على استهانة بالعواقب».

أسفرت الصراعات في سوريا، والعراق، واليمن، وليبيا، وغيرها من بلدان شمال أفريقيا عن عدد غير مسبوق من اللاجئين، فبنهاية سنة 2014، وصل عدد الأشخاص الذين لجأوا إلى أماكن أكثر أمنًا، سواء في بلادهم، أم خارجها من شتى أنحاء العالم، إلى 60 مليون شخص، وفقًا لمفوض الأمم المتحدة السامي لشؤون اللاجئين، ليسجلوا بذلك أعلى رقم على الإطلاق، أي نحو ضعف النازحين في العقد الماضي، الذين بلغ عددهم 37.5 مليون نازح.

إن أغلب هؤلاء اللاجئين أتوا من سوريا، التي كان عدد سكانها قرابة 21 مليون نسمة قبل اندلاع الصراع الحالي منذ أربع سنوات مضت، نزح منهم 7.6 ملايين داخل البلاد، واضطر 4 ملايين إلى الهروب خارج البلاد. وقرابة 10% ◄

◄ من هؤلاء هم شباب في سن الجامعات، حسب تقدير جيمس كينج، كبير الباحثين في صندوق إنقاذ العلماء، التابع لمعهد التعليم العالي (IIE)، وهي منظمة غير ربحية لتبادل الخبرات التعليمية في نيويورك سيتي.

ومع انهيار نظام التعليم الجامعي برمّته في سوريا، لم يعد يتلقى التعليم العالي إلا قلة من الشباب الذين غادروا البلاد. وقد وجد معظم اللاجئين الذين لاذوا بالفرار إلى الخارج مأوى مؤقتًا في البلدان المجاورة. فتستضيف تركيا 1.8 مليون لاجئ، ولبنان 1.2 مليون لاجئ، والأردن 630 ألف لاجئ، بيد أن حوالي 5% فحسب من شباب اللاجئين في سن الجامعات سجّلوا أسماءهم للالتحاق بالمعاهد المحلية في هذه البلاد، وفقًا لتقرير أُجري في مارس، موَّلته المفوضية الأوروبية (انظر: go.nature.com/9ljpbl). فقد كان 26% من الشباب السوريين يتلقون التعليم ما بعد الثانوي قبل أن يندلع الصراع في سوريا، وهذا يعني أن مئات الآلاف من الشباب ـ الذين كان من المفترض أن يواظبوا على الحضور في جامعاتهم ـ حُرموا من التعليم.

وحتى لو كانت الجامعات في الدول المضيفة للاجئين تتسع لاستقبال الطلاب، وهذه مشكلة في حد ذاتها، فالجامعات في تركيا ـ على سبيل المثال ـ تجد صعوبة في توفير أماكن لجميع طلابها المؤهَّلين والراغبين في التعليم فيها، فلا تزال ثمة مجموعة أخرى من المعوقات التي تَحُول دون التسجيل للالتحاق بالجامعات. فقد ذكر كينج أن الكثير من الطلاب هربوا من دون مستنداتهم، مثل سجلات الشهادات الأكاديمية التي حصلوا عليها من قبل، فضلًا عن مشكلات أخرى، مثل الصعوبات المالية، التي يضطر الشباب تحت وطأتها للعمل، بحيث لا يجدون وقتًا للتعليم. أضف إلى هذا.. الصعوبات ذات الصلة باللغة، التي تمثل مشكلة كبيرة في تركيا، حيث لم يجد سوى 1% فحسب من اللاجئين السوريين ـ الذين تتراوح أعمارهم ما بين 18، و24 سنة ـ أماكن في الجامعات.

هذا.. وهناك منح دراسية وفَّرها التحالف السوري لدعم التعليم العالي خلال الأزمات، التابع لمعهد التعليم العالي ـ وهو شبكة من معاهد التعليم العالي حول العالم، أنشئت سنة 2012 ـ حيث وفَّر 4.5 مليون دولار أمريكي لدعم 333 طالبًا سوريًّا، وشمل هذا 158 منحة دراسية في جامعات في البلدان الغربية، بالإضافة إلى وجود 20 مبادرة على الأقل مماثلة؛ لتوفير منح دراسية في معاهد حول العالم، بيد أن العرض يفوق الطلب ببون شاسع، فلم توفر هذه الجهود مجتمعةً إلا شكلًا من أشكال التعليم ما بعد الثانوي لقرابة 7,000 طالب فحسب.

وقد لاحظ ألان جودمان الرئيس والمسؤول التنفيذي لمعهد التعليم العالي مدى تفاقم الأزمة، قائلًا: «ما من منظمة أو دولة مهيأة للتعامل مع هذه الأزمة. والسبيل الوحيد للخروج من الأزمة هو أن يحاول كل فرد، وكل عائلة، وكل عالم، وكل طالب، مساعدة الأفراد». وأضاف قائلًا أيضًا إن الجهود الإنسانية كانت تركز على إنقاذ حياة الفارِّين من الصراع، وتخفيف معاناتهم، «أمّا التعليم، فقد أُهمِل في خضم كل هذه الأزمات، وبات شغل الناس الشاغل توفير المأكل، والمأوى، وغيرهما من الحاجات الأساسية، ولم نولي التعليم الاهتمام الكافي»، حيث إنه في الوقت الحالي، يتم إنفاق الجزء الأكبر من المساعدات المخصصة للتعليم ـ التي تُقدَّر بنسبة 1.5% من المساعدات الإنسانية العالمية ـ على المرحلتين الابتدائية والثانوية، ولا ينال منها التعليم العالي شيئًا، لأنه يُعتبر من قبيل الرفاهية عادةً.

«أُهمِل التعليم في خضم كل هذه الأزمات، وبات شغل الناس الشاغل توفير المأكل، والمأوى، وغيرهما من الحاجات الأساسية».

وثمة علامات بدأت تلوح في الأفق، تدل على تغيُّر في المواقف، حيث خَصَّص الصندوق الائتماني للاتحاد الأوروبي ـ الذي أنشئ استجابة للأزمة السورية ـ 12 مليون يورو (14.5 مليون دولار أمريكي) في مايو الماضي؛ لمساعدة 20 ألف لاجئ سوري في الحصول على التعليم العالي، من خلال المنح الدراسية، وغير ذلك من الوسائل، لكن المنح الدراسية ـ حسبما ذكر تقرير المفوضية الأوروبية ـ لم تُلَب الحاجة الهائلة، التي قد تصل إلى مليارات، وليس إلى ملايين من اليورو فحسب.

كما أشار التقرير إلى أن تكلفة تقديم المساعدة المالية المباشرة للجامعات في البلدان التي تستضيف العدد الأكبر من اللاجئين السوريين ستكون أقل وأجدَى. وتبحث منظمات عديدة ـ منها منظمة الأمم المتحدة للطفولة «اليونيسيف» ـ في مدى جدوى المقررات الجامعية الكثيرة المتاحة عبر الإنترنت، المسماة MOOC، التي توفرها في الوقت الحالي بعض جامعات القمة. فالهدف من المقررات المتاحة عبر الإنترنت، هو إتاحة تعليم ذي مستوى عالمي للجميع، كأن يكون ـ على سبيل المثال ـ من خلال محاضرات مسجَّلة، أو التواصل بأسلوب شبكات التواصل الاجتماعي، لكن جودمان يشير إلى أنها لم تُجَرَّب على حالة اللاجئين بما يكفي، كما أن معظم الطلاب سيحتاجون شهادات دراسية معتمدة من وزارة التعليم. وأضاف: «لن تكون المقررات المتاحة عبر الإنترنت من جامعة ستانفورد، أو معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في قوة الشهادات المعتمدة، فالأوضاع الأكثر استمرارًا وثباتًا هي تلك التي تسعى إلى دمج الطلاب في الأنظمة الجامعية القومية».

يقول كوين إنه من الواضح أن الحل طويل الأمد سيتطلب استثمارًا هائلًا، ومشاركة أكبر من معاهد التعليم العالي حول العالم. وكان من المخطط أن يَعقِد معهد التعليم العالي وغيره من المنظمات في شهر أكتوبر هذا العام ورشة عمل لمدة يومين في اسطنبول، بتركيا، بغية تضافر الجهود، واستكشاف طرق جديدة؛ من أجل تحسين إتاحة التعليم.

أمامنا تحدٍّ هائل، قوامه الصراعات التي يبدو أنها ستتدهور قبل أن تبدأ في التحسن، «ولكن يجب ألا نغفل عما ستتكبده من تكاليف، إذا لم نواجه هذا التحدي»، حسب قول كوين، الذي يضيف: «فإذا استثمرنا على مدار السنوات الخمس أو العشر المقبلة في تعليم ودعم أكبر عدد ممكن من المواطنين والأطفال في الشرق الأوسط؛ فسنكون بذلك قد غرسنا بذور منطقة تتبدّل أحوالها، وتحمِل مستقبلًا مشرقًا للعالم أجمع». ■

علم الأحياء الجزيئية

تطوير تقنية كريسبر من خلال البكتيريا

من المفترَض أن يُبَسِّط إنزيم «كريسبر» الأصغر عملية تحرير الجينوم.

هايدي ليدفورد

تُحدِث تقنية «كريسبر/كاس9» لتحرير الجينات ثورة في الأبحاث الوراثية؛ حيث يستخدمها العلماء في الهندسة الجينية للمحاصيل، والماشية، وحتى الأجنة البشرية. وقد تُسْفِر يومًا ما عن طرق جديدة لعلاج الأمراض.

وأحد روّاد هذه التقنية يعتقد أنه قد وجد طريقة لتبسيطها، وجعْلها أكثر دقة. ففي الخامس والعشرين من سبتمبر الماضي، أعلن فريق يقوده عالِم الأحياء التخليقية فينج زهانج ـ من معهد برود في كمبريدج بماساتشوستس ـ عن اكتشاف بروتين قد يتغلب على أحد عوائق تقنية «كريسبر/كاس9» القليلة[1]. ومن المفترض أن يُسَهِّل هذا البروتين ـ الذي يُدعى Cpf1 ـ عملية تحرير الجينات، عن طريق استبدال أحد تتابعات الحمض النووي بأخرى، دون المساس بقدرة «كريسبر» على تعطيل الجينات.

طُرِح نظام «كريسبر/كاس9» على الساحة باعتباره طريقة البكتيريا والبكتيريا العريقة للدفاع عن نفسها ضد الفيروسات المُهاجِمَة، فهو يوجد في نطاق واسع من هذه الكائنات، حيث يستخدم إنزيم يُدعى «كاس9» (Cas9) لقطع الحمض النووي في موقع تم تحديده بشرائط الحمض النووي الريبي المُرشِدَة؛ ومن ثم تصلح الخلية أماكن القطع من خلال عملياتها الإصلاحية الطبيعية. وقد حوّل الباحثون الآن تقنية «كريسبر/كاس9» إلى محطة توليد جزيئية، يمكن استخدامها في كائنات أخرى.

ورغم أن تقنية «كريسبر» تُعَدّ أبسط من التقنيات الأخرى السابقة، إلا أن زهانج يعتقد أنه مازالت هناك مساحة للتطور. لذا.. قام هو وزملاؤه بالبحث في مملكة البكتيريا؛ لإيجاد بديل لإنزيم «كاس9» الشائع استخدامه في المعامل. وفي شهر إبريل الماضي، أعلنوا[2] اكتشافهم لنوع آخر أصغر حجمًا في بكتيريا *Staphylococcus aureus*، يُسهِّل حجمه الصغير تنقُّله داخل الخلايا الناضجة، وهو مكان مهم للغاية بالنسبة إلى بعض العلاجات المُحتمَلة.

فُتِن الفريق أيضًا ببروتين Cpf1، الذي يبدو مختلفًا تمامًا، وهو موجود في بعض أنواع البكتيريا التي تَستخدِم تقنية «كريسبر». وقيَّم العلماء إنزيمات Cpf1 المأخوذة من 16 نوعًا من البكتيريا، ليجدوا في النهاية أن نوعين منهما قادران على تقطيع الحمض النووي البشري.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

كما اكتشفوا بعض الاختلافات المثيرة لكيفية عمل كل من الإنزيمين؛ فإنزيم «كاس9» يتطلب وجود جزيئين من الحمض النووي الريبي لقطع الحمض النووي، بينما يتطلب إنزيم Cpf1 جزيئًا واحدًا فقط. كما أن كلًا منهما يقطع الحمض النووي في أماكن مختلفة، مما يمنح الباحثين فرصًا أكثر عند اختيارهم لموقع للقطع، على حد قول لوكا ماجناني، اختصاصي الوراثة فوق الجينية بالكلية الإمبريالية بلندن.

يقطع إنزيم Cpf1 الحمض النووي بطريقة مختلفة.. فبينما يقطع إنزيم «كاس9» شريطي جزيء الحمض النووي في الموضع نفسه، مُخلِّفًا ما يُطلِق عليه علماء الأحياء نهايات «مستقيمة»، يخلف إنزيم Cpf1 شريطًا أطول من الآخر، مُنشئًا نهاية «لزجة»، يسهل العمل بها عن النهايات المستقيمة، إذ يمكن إدخال تتابع الحمض النووي في أيٍّ من الشريطين، على عكس النهاية اللزجة التي ستنضم فقط إلى نهاية أخرى لزجة تكميلية.

ADAM LEVY/NATURE

وكما يقول زهانج: «تحمل النهايات اللزجة معلومات لتوجيه عملية إدخال تَتَابُع الحمض النووي»، وهو ما يسهِّل إبقاء العملية تحت السيطرة.

تَمَسَّكوا به

يعمل فريق زهانج الآن على استخدام النهايات اللزجة؛ لزيادة عدد المرات التي يمكن للباحثين فيها استبدال التتابع الطبيعي للحمض النووي. فعادةً، يتم إصلاح القطْع الذي خلّفه بروتين «كاس9»، عن طريق إعادة لصق النهايتين معًا، وهي العملية التي يمكن أن تُخلّف أخطاء. وبالرغم من أنه من المحتمل أن تُدخِل الخلية تتابعًا آخر جديدًا ومحددًا في ذلك الموقع، إلا أن هذا النوع من الإصلاح يحدث بشكل أقل، وهو ما يأمل زهانج في زيادته عن طريق استغلال المواصفات الفريدة التي يتمتع بها إنزيم Cpf1. وبالنسبة إلى بينج يانج، عالم الأحياء النباتية بجامعة ولاية آيوا في آميس، فهذا هو الجانب الأكثر إثارة في إنزيم Cpf1. ويقول: «سيكون تعزيز الكفاءة خطوة كبيرة في علم النبات. والآن، هو تحدٍّ ضخم».

والسؤال المطروح هنا هو: هل ستفوق شعبية الإنزيم الجديد شعبية «كاس9»؟ يجيب على ذلك زهانج قائلًا: «من المبكر جدًّا التحدث عن ذلك، لكن بالتأكيد يمتلك الإنزيم الجديد بعض المميزات الجلية». ولتقنية «كريسبر/كاس9» شعبية كبيرة – كما أنها مربحة أيضًا – وهو ما أثار نزاعات شرسة حول حقوق الملكية بين جامعة كاليفورنيا في بيركلي ومعهد برود، وحليفه معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج. ومن ثم يقول زهانج إن معمله سيتيح مكونات تقنية «كريسبر/Cpf1» للباحثين الأكاديميين، كما فعل من قبل مع أدواته الخاصة بتقنية «كريسبر/كاس9».

وحتى الآن، توضح النتائج أنه ما زال هناك الكثير أمام الباحثين لتعلُّمه عن أنظمة تحرير الجينوم التي طوّرتها البكتيريا. ومِن جانبه يخطط عالم الأحياء المجهرية جون فان دير أوست ـ من جامعة فاجينينجن في هولندا، الذي تعاون مع زهانج في البحث الأخير ـ لمواصلة البحث عن طرق جديدة. ويقول: «لا تعرف أيًّا من تلك الأنظمة سوف يكون مناسبًا للتحرير الجيني.. فما زالت هناك مفاجآت في انتظارنا». ■

1. Zetsche, B. *et al. Cell* http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2015.09.038 (2015).
2. Ran, F. A. *et al. Nature* **520,** 186–191 (2015).

تقنيات قديمة

كـــرة أرشميدس الأسطورية تُبعــث للحيــاة من جديــد

أمين متحف يعيد بناء نموذج للكون، عمره ألفيْ عام.

جو مارشانت

بعد أكثر من ألفي عام، أُعيد بناء نموذج ميكانيكي للكون، منسوب إلى عالِم الرياضيات الموسوعي الإغريقي القديم أرشميدس. وهو يأخذ شكل كرة معدنية تحاكي حركة الشمس والقمر والكواكب عبر سماء الليل، ويُعرض لأول مرة في متحف في بازل بسويسرا.

يُعَدّ هذا النموذج، الذي بناه مايكل رايت ـ أمين سابق بمتحف العلوم في لندن ـ إلى حد كبير نتاج تخمينات نابعة من شخص مثقف، إلا أن مايك إدموندز ـ عالم الفيزياء الفلكية بجامعة كارديف في المملكة المتحدة ـ يقول إن النموذج ينبهنا إلى أن آلات العصور القديمة ذات التروس كانت في الغالب أكثر تعقيدًا مما يَعتقد المؤرخون.

وَيَصِف العديد من الكتاب والشعراء القدماء نماذج ميكانيكية للسماء[1] في أعمالهم، ينسبونها عادةً لأرشميدس. تظهر أولى تلك الإشارات وأوضحها في حوار[2] كَتَبَه المؤلف الروماني ماركوس توليوس شيشرون في القرن الأول قبل الميلاد، يصف فيه فيلوس ـ وهو إحدى شخصياته ـ كيف قاد الجنرال الروماني ماركوس مارسيلوس في عام 212 قبل الميلاد هجومًا على مدينة سيراكيوز، وهي مسقط رأس أرشميدس (الذي قُتِل خلاله). وبينما انتشرت قواته في المدينة، استحوذ مارسيلوس لنفسه على شيء واحد فقط: هو كرة أرشميدس الميكانيكية.

وعندما شاهد فيلوس في وقت لاحق عرضًا للجهاز، خلص إلى أن «الصِّقِلِّيّ الشهير قد وُهب عبقرية أكبر مما يُتصور أن يُقَدَّر لبشر أن يمتلك». كانت الكرات الصلبة ذات العلامات الدالة على تشكيلات النجوم أمرًا شائعًا في ذلك الوقت، لكن اختراع أرشميدس ـ كما يذكر فيلوس ـ تَضَمَّن أيضًا مواقع الشمس والقمر والكواكب الخمسة المعروفة، التي تظهر مع دوران الكرة «بحركات مختلفة ومتباينة، وبمعدلات سرعة مختلفة».

وفي وقت ما، اعتقد المؤرخون أن وصف شيشرون هذا كان ملفقًا، أو مُبالَغًا فيه.. غير أن الدراسات التي أجريت على بقايا جهاز قديم يُسمى «آلية أنتيكيثيرا» Antikythera mechanism ـ وُجِد في حطام سفينة تعود إلى القرن الأول قبل الميلاد ـ غيَّرت وجهة النظر هذه. فقد تبيَّن أن الجهاز هو بمثابة تقويم دقيق يعمل بآليّة الساعة، يمكنه محاكاة حركات الكواكب، والتنبؤ بظاهرتي الكسوف والخسوف. ومن ثم، فقد أثبت أن الأجهزة الفلكية المعقدة ذات التروس كانت موجودة في العصور القديمة؛ وكان هذا الجهاز يضم أكثر من 30 عجلة برونزية مسنَّنة، موضوعة داخل صندوق خشبي في حجم دليل الهاتف (انظر: *Nature* **444**, 534–538; 2006).

وبالتالي، استنتج معظم المتخصصين أن شيشرون كان يصف آلة مماثلة، لكن رايت ـ الذي قام في السابق ببناء نموذجين لآلية «أنتيكيثيرا» ـ يشير إلى أن أوصاف جهاز أرشميدس تَستخدم كلمة «*sphaera*» اللاتينية، (أو «*sphaira*» باليونانية)، التي تعنى «كرة»، إلا أن «آلية أنتيكيثيرا ليست كروية، بل تأخذ شكل صندوق أحذية»، كما يقول.



آلة مايكل رايت تحاكي السماوات

وفي المقابل، يرى علماء آخرون أن كلمة «كرة» يمكن أن تكون مصطلحًا عامًّا للنماذج الفلكية، بِغَضّ النظر عن شكلها؛ إلا أن رايت يرد على ذلك قائلًا إنه، وفقًا لوصف شيشرون، حين تدور الكرة «يأتي القمر دائمًا متأخرًا عن الشمس بعدّة دورات في الجهاز البرونزي بما يتفق مع عدد الأيام التي تفصل بينهما في السماء»؛ ما يعني أن الجهاز كان يدور مرة واحدة كل يوم، كما يقول، ومن ثم لا يُعقل أن يكون له وجه مسطح.

استخدم رايت في بناء جهازه تقنيات تشبه تلك التي يمكن أن يكون قد استخدمها أرشميدس. كما حفر صورًا من الأبراج السماوية اليونانية على سطح الكرة التي يبلغ قطرها 20 سنتيمترًا، وثبّتها في صندوق خشبي يُخفي دائمًا جزء الكرة الواقع تحت خط الأفق. وعند تدويرها يدويًّا، تقوم 24 عجلة مسننة مخبأة بالداخل بتحريك مؤشرات منحنية على السطح. فتتحرك المؤشرات التي تمثل الشمس والقمر بسرعة ثابتة، بينما تتسكع الكواكب خلفها، متحركةً جيئةً وذهابًا نسبة إلى النجوم الثابتة، تمامًا كما يحدث في السماء.

لا أحد يعرف ما إذا كان أرشميدس قد أبدع فعلًا هذا الجهاز، أم لا، لكن رايت يرى أن أرشميدس كان في وضع مثالي للقيام بذلك.. فقد كان هذا العالِم القديم عبقريًّا في الرياضيات، كما اشتهر ببناء الآلات البارعة. إن هذا النموذج يوجد الآن في متحف بازل للفنون القديمة، ومجموعة لودفيج، كجزء من معرض للقطع الأثرية المستخرَجة من حطام «أنتيكيثيرا». ■

1. Edmunds, M. G. *Contemp. Phys.* **55,** 263–285 (2014).
2. Cicero, M. T. *De Re Publica* Vol. 213 (transl. Keyes, C. W.) 40–44 (Loeb, 1928).

تريليونات من الأشجار

مسح للاستقصاءات السابقة يوضح أن هناك 422 شجرة لكل إنسان على الأرض

راشيل إيرينبرج
(قام بتصوير البيانات جان ويليم تيولب)

ثلاثة تريليونات.. هو التقدير الأحدث لعدد الأشجار الموجودة على سطح الكوكب، حسب ما نشر في دورية *Nature*؛ وهو يتجاوز عدد النجوم في مجرة درب التبّانة. الرقم مثير للإعجاب، إذ يزيد على سبعة أضعاف التقدير السابق، البالغ 400 مليارات فقط، إلا أنه لا ينبغي أخذ ذلك بالضرورة على أنه خبر جيد. إن تلك الدراسة، التي تجمع صورًا من الأقمار الصناعية ببيانات ثلاثة تعدادات أجريت على الأرض – بتغطية أكثر من 4,000 كيلومتر مربع – قد وجدت أيضًا أنه يتم قطع 15 مليار شجرة كل عام. وفي غضون الـ 12,000 سنة الماضية، منذ أن بدأت أعمال الزراعة في الانتشار على سطح الكوكب، هبط عدد الأشجار بمقدار ما يقرب من النصف.

التقدير القديم: 400 مليار

التقدير الجديد: 3.04 تريليونات

= 10 مليارات شجرة



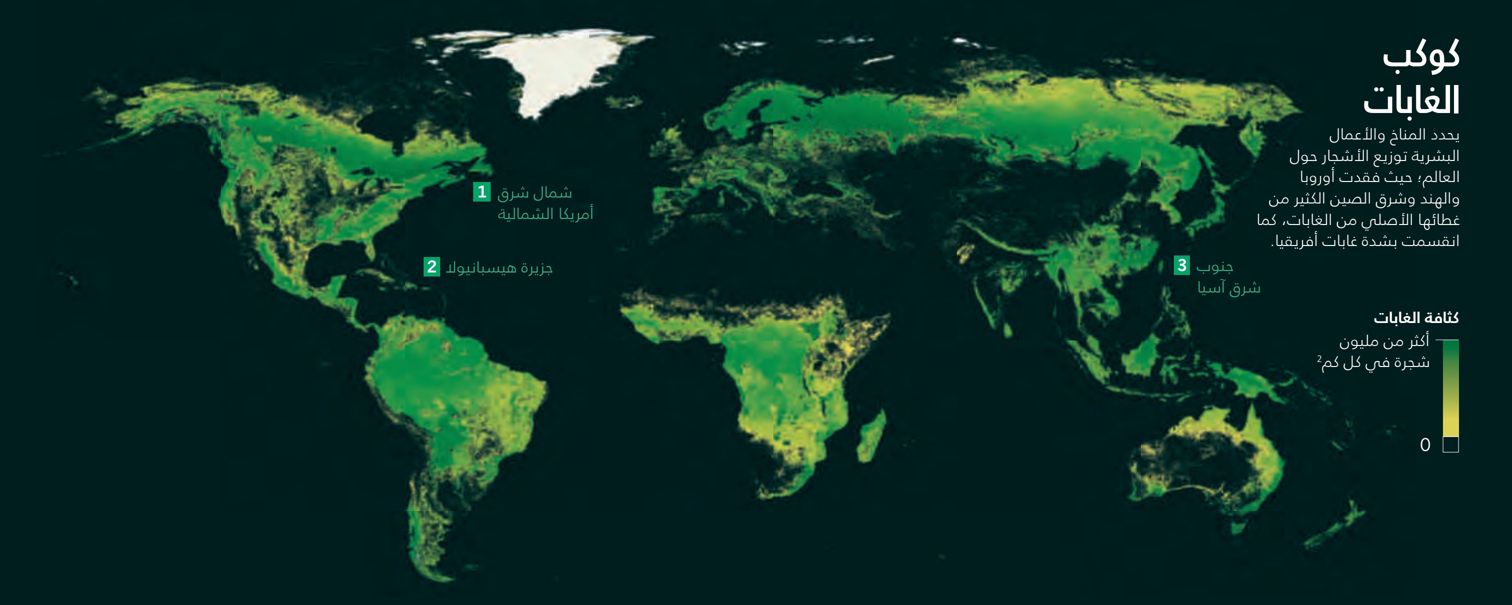
NATURE.COM
لمشاهدة البيانات بالتصوير المتحرك، قم بزيارة:
go.nature.com/h8ucmu

ارتفاعات الخطوط الرأسية تمثل كثافة الغابة في مساحة كيلومتر مربع واحد.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

كوكب الغابات

يحدد المناخ والأعمال البشرية توزيع الأشجار حول العالم؛ حيث فقدت أوروبا والهند وشرق الصين الكثير من غطائها الأصلي من الغابات، كما انقسمت بشدة غابات أفريقيا.



1. شمال شرق أمريكا الشمالية
غطت المزارع والبساتين والأغنام على المناظر الطبيعية في شمال شرق أمريكا الشمالية في القرن التاسع عشر، وقت أن كان الكثير من غابات المنطقة تُقطع أشجارها من أجل الأخشاب. واليوم، أكثر من 80% من الولايات الأمريكية الست في نيو إنجلاند تغطيها الغابات، لكن تمدد الضواحي - إلى جانب عوامل أخرى - يمثل تهديدات جديدة.

2. جزيرة هيسبانيولا
لعملية إزالة الغابات تأثيرات صارخة على جزيرة هسبانيولا الكاريبية، فقد كان لجمهورية الدومينيكان، على الجانب الشرقي من الجزيرة، غطاء من الغابات، بلغت كثافته أربعة أضعاف جارتها هايتي، التي اضطرت لقطع أشجارها؛ من أجل الوقود.

3. جنوب شرق آسيا
تغيرت الغابات في جنوب شرق آسيا بشكل كبير منذ السبعينات. ومن عام 1973 إلى عام 2009، فقدت تايلاند وفيتنام 43% من غاباتهما؛ وفقدت كمبوديا 22%، ولاوس 24%. ومن المتوقع أن تُمحى أكثر من 30% من الغابات الباقية بالمنطقة بحلول عام 2030، في حال استمرار الأنشطة الحالية.







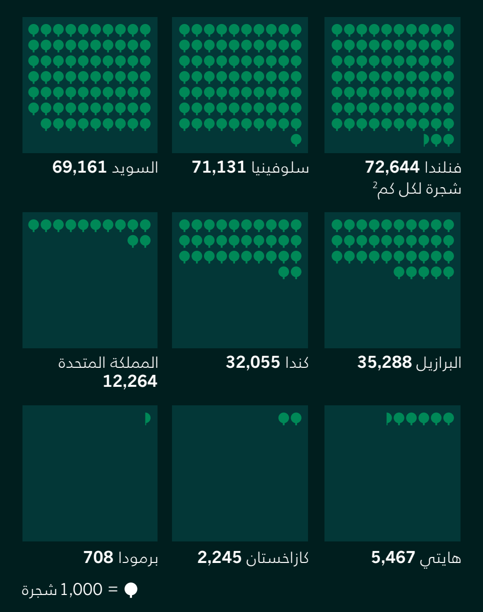
الوضع الحالي

برغم عمليات إزالة الغابات من أجل الزراعة وتربية الماشية والتعدين والحصول على الأخشاب، لا تزال المناطق الاستوائية تحتوي على نسبة مذهلة من أشجار الكرة الأرضية، تصل إلى 43%. الكثافات الأعلى موجودة في غابات المناطق الشمالية وغابات تندرا، التي قد تحتوي على أكثر من 1,000 شجرة في الهكتار. (النسب المذكورة مقرَّبة.)



تعداد الأشجار في الدول

تتضمن المناطق الاستوائية بلدانًا عديدة ذات غابات كثيفة. توجد الكثافة الأعلى في البلدان التي تحوي غابات شمالية، مثل فنلندا، أما الحد الأدنى من الكثافات، فيوجد في الدول الصحراوية والجُزُرية، وبعض الدول الفقيرة.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



شهاب (في أعلى يسار الصورة) يمر مسرعًا عبر كوكبة الجبار، أثناء زخة الشهب البرشاوية.

BABAK TAFRESHI/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE

علم الفلك

إضافة مواعيد جديدة إلى جـــدول زَخّات الشُّـــهُـــب

كاميرات مراقبة السماء ترصد 86 حدثًا فلكيًّا من أحداث لم تُعْرَف من قبل.

أليكساندرا ويتز

انضمت لتوِّها 86 زَخَّة لم تكن معروفة من قبل إلى قائمة زَخّات الشهب، التي تحدث كل عام، إلى جانب العروض المثيرة المعتادة، التي تشمل زخات الشهب البرشاوية، والأسدية، والجوزائية، إذ تمكَّن الفلكيون من رصد عروضها باستخدام شبكة من كاميرات الفيديو المصمَّمة في الأصل لمراقبة اللصوص، التي أُعيد تصميمها لتُستخدم في التجسس على الحطام الكوني الذي يحترق في غلاف الأرض الجوي.

ورغم أن الزَّخّات المكتشَفة حديثًا تلك باهتة بعض الشيء، إلا أنها مهمة، حيث تنشأ كل واحدة نتيجة لمرور كوكب الأرض وسط خط من الجسيمات التي خلَّفها مذنب أو كويكب؛ ولذا.. فإن رسم خرائط لتحديد مواقعها يكشف عن مصادر الغبار غير المعروفة من قبل. يقول بيتر جينيسكنز، عالم الفلك في معهد «سيتي» SETI بماونتن فيو في كاليفورنيا: «الرائع في الأمر أننا لا نراقب الشهب في سماء الليل فقط، بل أصبح لدينا أيضًا تصور ثلاثي الأبعاد لكيفية توزيع الغبار في المجموعة الشمسية».

وعلى الرغم من أن حجم معظم الجسيمات يماثل حجم حبات الرمال، إلا أن لبعضها حجمًا كبيرًا يكفي لحمايتها من الحرارة الحارقة التي تُحْدِثها من حولها خلال مرورها في الغلاف الجوي، قبل أن تدمّر ـ في الغالب ـ على سطح الأرض. ويعرض جينيسكنز وزملاؤه تفاصيل تلك الاكتشافات في أربع أوراق بحثية قُبلت للنشر في دورية «إيكاروس» *Icarus*.

على مدار قرون عدة، يوثِّق الفلكيون زخات الشهب - باستخدام العين المجردة في البداية، وأنظمة الرادار وكاميرات الفيديو فيما بعد - حيث تُنثر على كوكب الأرض بمعدل ثابت على مدار السنة؛ إلا أنه ـ ومن خلال عملية الرصد ـ يبدو أن عددًا كبيرًا من الشهب ضمن زخة واحدة ينبع من نقطة واحدة في السماء. وقد أبلغ المراقبون حول العالم الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) بأن هناك أكثر من 750 زخة شهابية محتملة، إلا أن عددًا صغيرًا فقط قد تم التأكد من حقيقة حدوثه.

> **«كلما أخذنا صورًا أكثر للسماء؛ اتضحت لنا الصورة».**

مراقبة السماء

قام فريق جينيسكنز بتركيب كاميرات في ثلاثة مواقع في شمال كاليفورنيا، لتأكيد أو استبعاد الزخات التي تتردد عنها

الشائعات، ضمن مشروع «كاميرات من أجل مراقبة الشهب في السماء كلها» CAMS، الذي يوجِّه 60 كاميرا أمنية في اتجاهات مختلفة؛ لالتقاط أكبر قدر ممكن من الشهب؛ لكل واحدة منها مجال رؤية ضيق نسبيًّا، لكنها مجتمعةً يمكنها تغطية مساحة قبة سماوية واسعة تتمركز فوقها مباشرة، وتمتد إلى أسفل حتى 30 درجة فوق الأفق.

يقول فيل بلاند، عالم الكواكب في جامعة كورتين في بيرث بأستراليا: «تتركز مهمة المشروع في الحصول على مجموعة ضخمة من البيانات المتعلقة بالشهب، ما يمكِّنك من الرؤية خلال ذلك الغبار المبعثر، والوصول إلى تلك الزخات الجديدة». كما يساعد بلاند في تشغيل شبكة تتبُّع في المناطق النائية بأستراليا، تبحث عن الشهب الساطعة للغاية؛ في محاولة لاستعادة الأحجار النيزكية التي تسقط على الأرض.

رصد المشروع ما يزيد على 250,000 شهاب، منذ أن بدأ عمله في عام 2010.. ثلاثة أرباعها شهب منفردة عشوائية، ويأتي الربع المتبقي في صورة زَخّات. وتَمَكَّن المشروع من تأكيد 81 زخة كانت موجودة ضمن قائمة الاتحاد الفلكي الدولي، المشكوك في أمرها، كما اكتُشف 86 زخة جديدة، إحداها تضيء سماء نصف الكرة الشمالي في أوائل شهر ديسمبر، وتبدو كما لو كانت تنبع من كوكبة الشراع. وحسب قول جينيسكنز، فهي قوية بشكل مدهش.. نسبةً إلى كونها زخة جديدة لم تلاحَظ من قبل. كما رصد المراقبون أثناء ذروة زخة شهابية ـ مؤكدة حديثًا ـ في شهر مارس من عام 2013 وميضًا ساطعًا لاصطدام جسم بحجم الحجر بالقمر.

يعمل فريق المشروع الآن على توسيع مجال بحثه، عن طريق تركيب شبكات أصغر من الكاميرات في هولندا ونيوزيلندا. ويعلِّق جينيسكنز قائلًا: «كلما أخذنا صورًا أكثر للسماء؛ اتضحت لنا الصورة». ■

نظرية الأعداد

نابغة في الرياضيات يحل لغزًا من ألغاز المعلِّم العظيم

منطلِقًا من تعاون أُقيم عبر شبكة الإنترنت، يداهم تيرينس تاو مسألة التناقض التي وضعها إردوس.

كريس سيزار

يبدو أن أحد ألغاز الرياضيات التي لم ينجح أحد في حلها على مدى أكثر من 80 سنة ـ ولا حتى المحاولات الحاسوبية لتفكيكها ـ قد حُلَّت أخيرًا على يد عالم من علماء الرياضيات.

تيرينس تاو، عالم الرياضيات في جامعة كاليفورنيا بلوس أنجيليس، الذي مكّنه عمله من نيل ميدالية «فيلدز» الشهيرة في عام 2006، تقدَّم بورقة بحثية في السابع عشر من سبتمبر الماضي إلى موقع أركايف (arXiv) لبحوث ما قبل النشر، يزعم فيها أنه أثبت إحدى حدسيات نظرية الأعداد، التي طرحها عالم الرياضيات بول إردوس في الثلاثينات (الورقة البحثية متاحة على http://arxiv.org/abs/1509.05363; 2015). «لقد فجَّر تيري تاو قنبلة للتو».. كان ذلك ما قاله ديريك ستولي في تغريدة له، وهو عالم رياضيات من جامعة ولاية أيوا في أميس.

وكما هو الشأن في عديد من معضلات نظرية الأعداد، تُعَدّ مسألة التناقض سهلة الطرح، إلا أنها صعبة الإثبات للغاية. كان إردوس ـ الذي توفي في عام 1996 ـ قد تكهّن بأن أي سلسلة لا نهائية مكونة من العددين 1، و-1 يمكن جمعها، لأنْ تصل إلى عدد كبير عشوائي (موجب، أو سالب)، من خلال عدّ الأرقام الموجودة فقط ضمن نطاق ثابت لعدد محدود من الخطوات. ويبيّن برهان تاو أن هذه المجاميع يمكن ـ في الواقع ـ أن تتزايد بصورة لا نهائية في حالة أي سلسلة عشوائية، إلا أنه لا يقدم وسيلة لحساب أعداد تلك المجاميع في لحظة ما.

لم يتم بعدُ تمحيص البرهان ومراجعته مراجعةً دقيقةً من قِبَل الخبراء، الذين لم يعربوا عن أي قلق إزاء صحته؛ كما يقول جيل كلاي، عالم الرياضيات في الجامعة العبرية بالقدس: «أنا واثق تمامًا من صحة الأمر».

ظهر برهان تاو بعد انقضاء سنوات في محاولات لحل المسألة يدويًّا وحاسوبيًّا؛ بعد انطلاق الحملة الأخيرة في ديسمبر من عام 2009، التي اشتدت في 2010. ومن ثم، اقترح تيم جاورس ـ عالم الرياضيات في جامعة كمبريدج في المملكة المتحدة ـ أن يتم التركيز على مسألة إردوس في سياق مشروع «بولي ماث» PolyMath الخامس، وهو تعاوُن عبر شبكة الإنترنت، يعمل فيه الباحثون معًا على حل معضلة رياضية واحدة. وكان تاو واحدًا من عشرات المشاركين.



حل تيرينس تاو لغزًا عويصًا في نظرية الأعداد، مستوحيًا فكرته من تعليق وُضع على مدوَّنته.

RICHARD HARTOG/*LOS ANGELES TIMES*/GETTY

وعلى الرغم من إخفاق تلك الجهود في عام 2012، إلا أن المشاركين تمكّنوا من إثبات أن برهنة حدسيات مجموعة معينة من المتتاليات تكفي لبرهنتها في العموم: هي المجموعة التي تتضمن أعدادًا عشوائية من 1، و-1 فقط في المواقع المجدوَلة بأعداد صماء.

وفي فبراير من عام 2014، قدّم الباحثون برهانًا حاسوبيًّا لحالة خاصة: فقد بيّنوا أنه يمكن دائمًا إيجاد مجموع أكبر من 2 (B. Konev and A. Lisitsa Preprint available at http://arxiv.org/abs/1402.2184; 2014)، إلا أنهم فشلوا في إثبات أن هناك دائمًا مجموعًا أكبر من 3. ومن ثم، أتى برهان تاو ليثبت أن هناك دائمًا مجموعًا أكبر من أي عدد محدود.

لم يتمكن أحد آخر من تحقيق تقدُّم كبير بعد النتيجة التي قدَّمها الحاسوب؛ حتى مطلع شهر سبتمبر الماضي.. فبينما كان تاو يعمل على مسألة أخرى مختلفة، ظهر تعليق في الوقت المناسب على صفحة مدونته، يقترح أن تلك المسألة قد تكون ذات صلة بحدسية إردوس. «في البداية، اعتقدتُ أن العلاقة سطحية»، كما كتب تاو.. لكنه سرعان ما أدرك أن الدمج بين الرؤية الجديدة المطروحة في التعليق وبين النتائج السابقة يمكن أن يؤدي إلى الحلّ. وبعد أقل من أسبوعين، قدّم تاو ورقته البحثية، مضيفًا إليها فقرة امتنان للمعلّق أوي ستروينسكي - مدرس الرياضيات في ريوتلنجن بألمانيا، الحاصل على شهادة الدكتوراة في الرياضيات من جامعة توبنجن.

كما أرسل تاو برهانه إلى دورية «دسكريت أناليسز» *Discrete Analysis* المفتوحة، التي يديرها تيم جاورس، والتي تأسست في مطلع شهر سبتمبر الماضي؛ وهي تنشر البحوث المحكَّمة، كما لا تقبل سوى الأبحاث التي سبق أن نُشرت على موقع «arXiv». وبالتالي، هي تتفادى جزءًا كبيرًا من تكاليف النشر. يقول عنها تاو: «تُعَدّ دورية تيم تجربة واعدة في مجال النشر مفتوح الوصول كليةً».

عادةً ما كان يقدِّم إردوس ـ الذي كتب رسالة تزكية لتاو ليتمّ قبوله في جامعة برينستون في نيو جيرسي ـ جوائز نقدية لمن يحلّ المسائل التي يطرحها؛ وقد وضع مبلغ 500 دولار أمريكي لحل مسألة التناقض. ومنذ وفاته، أخذ آخرون على عاتقهم منح هذه الجوائز بالإنابة عنه.

وعندما سُئل تاو عمّا إذا كان سيقبل الجائزة، إنْ مُنحت له، أجاب بالنفي، وقال: «لقد جرت العادة على ألا تُصرف أموال الجوائز التي كان يقدِّمها إردوس في حياته.. فعادةً ما يُبْرِز الفائزون الشيكَ للذكرى». ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

KLAUS VEDFELT/GETTY

تثير الدراسات التي تهدف إلى تعزيز التعلم في الأطفال جدلًا واسعًا.

علم الأعصاب

تنشيط المخ لدى الأطفال يبعث على الأمل.. والقلق أيضًا

يقدِّم علاج العقول النامية فرصًا أكبر للتحسن، إلا أنه يزيد المخاطر كذلك.

ليندا جيديس

تعثَّر جاك (اسم مستعار) كثيرًا في مدرسته العادية.. فبسبب معاناته من اضطرابات عسر القراءة، وعسر حل المسائل الحسابية، بالإضافة إلى اضطراب التآزر الحركي، عادةً ما كان يسيء التصرف في المدرسة، وكان أضحوكة الفصل. لذا.. شعر والداه بالارتياح عندما قُبل في مدرسة فيرلي هاوس بلندن، وهي المتخصصة في مساعدة الأطفال الذين يعانون من صعوبات في التعلم، كما أنها الأولى في العالم التي قدَّمت لطلابها فرصة الخضوع لعملية تنشيط المخ باستخدام الكهرباء، التي أُجريت كجزء من تجربة خضع لها اثنا عشر طفلًا، تتراوح أعمارهم بين ثماني إلى عشر سنوات، من بينهم جاك؛ ارتدوا فيها قبعة مزوَّدة بقطب كهربائي، بينما كانوا يلعبون ألعاب الفيديو.

إن عالِم الأعصاب روي كوهين كادوش من جامعة أكسفورد في المملكة المتحدة ـ الذي قاد دراسة استطلاعية في عام 2013 ـ يُعَدّ أحد الباحثين القلائل في العالم الذين يعملون على استكشاف ما إذا كان من الممكن تنشيط أجزاء صغيرة ومحددة في مخ الأطفال بشكل آمن، أم لا؛ من أجل تخطي صعوبات التعلم لديهم. وحسب قول نِك ديفيس، الاختصاصي النفسي في جامعة سوانسي في المملكة المتحدة: «سيكون أمرًا عظيمًا لو استطعنا فهْم كيفية إيصال جرعات فعالة من الكهرباء المنشطة إلى أدمغة الأطفال، بحيث نستطيع تجاوز وضعهم الإنمائي، قبل أن يعوق بشكل جدي مسارهم التعليمي».

وَلَّدَتْ فكرة استخدام المغناطيسات، أو التيارات الكهربائية لعلاج الاضطرابات النفسية أو التعلُّمية، أو حتى مجرد تعزيز الإدراك، موجةً من الإثارة على مدى السنوات العشر الماضية، حيث كان يُعتقد أن التقنية تعمل عن طريق تفعيل الدوائر العصبية، أو تسهيل استثارة الأعصاب. ورغم أن تلك الأبحاث لا تزال في مهدها، إلا أن 10 آلاف بالغ على الأقل قد خضعوا بالفعل لعملية تنشيط المخ، التي تبدو آمِنة على الأقل على المدى القريب. ويُسمى أحد أنواع هذه التقنية «التنشيط المغناطيسي عبر الجمجمة» – أو «TMS» - الذي حصل على ترخيص من إدارة الغذاء والدواء الأمريكية لعلاج الصداع النصفي والاكتئاب في البالغين.

والآن، يتنامى الاهتمام باحتمال أن تكون لهذه التقنيات فوائد أكبر بالنسبة إلى الأطفال؛ فتبدو التقنية الأخرى القريبة من تقنية «TMS» ـ وهي «التنشيط بالتيار المباشر عبر الجمجمة»، أو «TDCS» ـ تقنية واعدة، لكونها أقل كلفة، وأسهل في النقل من مكان إلى آخر.

يعتقد الباحثون أنّ أثر عملية التنشيط على الأرجح سيخترق جمجمة الأطفال بشكل أعمق، لكونها أرقّ من جمجمة البالغين، وبالتالي يمكن أن يكون لها تأثير أكبر على أدمغتهم التي لا زالت في طور النمو. ورغم ذلك.. قد تكون العوامل ذاتها التي تزيد من الفوائد المحتملة مدعاة للقلق أيضًا. «الأمر يشبه ما يحدث عندما تبني بيتًا: إذا اعتقدت أنك ارتكبتَ خطأً ما، فإن تداركه في البداية أسهل بكثير من محاولة إصلاحه لاحقًا.. لكن يسهل كذلك تدميره في تلك اللحظة»، كما يقول كوهين كادوش.. ويضيف: «لا نعلم بعد كيف يتفاعل التنشيط الكهربائي مع المخ النامي».

يساور كوهين كادوش القلق أيضًا من إساءة استخدام التقنية الجديدة. فعلى الرغم من وجوب توافق الأجهزة المستخدَمة للعلاج الطبي مع معايير السلامة المحددة، إلا أنه لا توجد حاليًّا قوانين في أوروبا، أو في الولايات المتحدة، لتنظيم استخدام تقنية «التنشيط بالتيار المباشر عبر الجمجمة» في الأشخاص الذين يأملون فقط في تحسين الإدراك لديهم. وهناك في الوقت الحالي شركات تطرح سمّاعات التقنية للبيع لعامة الناس على الإنترنت، وقد ينجذب إليها الآباء؛ لمحاولة تحفيز القدرات الإدراكية لدى أطفالهم، وذلك خارج إطار الظروف المضبوطة داخل المختبرات. وبعد دراسة الإيجابيات والسلبيات، قرر كوهين كادوش التوجه إلى مدرسة فيرلي هاوس بطلب لتنفيذ تجربته هناك؛ كما احتاج إلى موافقة أخلاقية، حصل عليها بالفعل. «كنا متوجِّسين جدًّا من استخدام تقنيات تنشيط المخ، إذ إننا ـ كمَدْرَسة ـ لا نعلم عنها شيئًا، لكنْ طَمْأَنَتْنا المعايير الأخلاقية ومعايير السلامة المقدَّمة»، كما تقول جيني ليم، وهي معالِجة مهنية تعمل مع الأطفال في المدرسة.

مُحَسِّن التعلُّم

تتوالى الدراسات من تلك الخاصة بكوهين كادوش، التي أظهر فيها أن أحد أنواع تقنية «التنشيط بالتيار المباشر عبر الجمجمة» ـ وهي تقنية «التنشيط بالتشويش العشوائي عبر الجمجمة»، أو «TRNS» ـ قد تعزِّز من القدرات الحسابية لدى البالغين (A. Snowball *et al*. *Curr. Biol*. **23**, 987–992; 2013).

أما في دراسة مدرسة فيرلي هاوس، فقد أجرى فريق كوهين كادوش تسع جلسات تدريبية، بلغت مدة كل واحدة منها 20 دقيقة، على 12 طفلًا كانوا يعانون من صعوبات في تعلُّم الحساب. أُجريت تقنية «التنشيط بالتشويش العشوائي عبر الجمجمة» ـ التي يُعتقد أنها تعمل عبر تنظيم إشارات المخ أثناء التعلم ـ على نصف المتطوعين، مستهدِفةً منطقة المخ المسؤولة عن عمليات معينة، كالتخطيط والتفكير التجريدي؛ بينما ارتدى النصف الآخر قبعات التقنية، دون تلقِّي أي جرعات كهربائية. وكان على الأطفال تحريك أجسادهم من جهة إلى أخرى؛ لقيادة كرة على الشاشة، حتى تحط على نقطة معينة على خط الأعداد، مع تزايد الصعوبة بمرور الوقت.

ومن ثم، أظهر الأطفال الذين تلقّوا الجرعات الكهربائية تطورًا أكبر في الأداء عن المجموعة الأخرى، حيث وصلوا في المتوسط إلى المستوى السابع عشر، بينما لم يتعدّ الآخرون المستوى الرابع عشر. كما أظهروا أيضًا تحسُّنًا ملحوظًا في درجات اختبارات الرياضيات العامة. لذا.. قدَّم كوهين كادوش تلك النتائج في اجتماع الاتحاد البريطاني لعلم العقاقير النفسية في بريستول في أواخر شهر يوليو الماضي، كما تقدَّم بها للنشر أيضًا، وهو يخطط حاليًّا لتوسيع الأبحاث في هذا المسار.

أما فينسنت والش، عالم الأعصاب في معهد علم الأعصاب الإدراكي في كلية لندن الجامعية، فيَعتقد أن دراسات تنشيط المخ المجراة على الأطفال لا تزال مبكرة. فالفوائد التي شُوهدت في البالغين الأصغر عمرًا لا تُرى بالضرورة في أولئك الأكبر سنًّا، كما يقول.. كما أن العديد من نتائج التنشيط الكهربائي لم يعاد إنتاجها بعد. ويضيف: «ببساطة.. لا تُوجَد هناك أسس علمية مقنِعة لتوسيع أعمال ضعيفة كهذه في الأطفال».

وعلى النقيض.. يَعتقد ديفيس أن هناك مبررًا لضرورة إجراء هذه التجارب، إلا أنه قلِق حيال الميل إلى استخدام هذه التقنيات خارج إطار الدراسات الرسمية، ويتوقع أن 1,000 طفل على الأقل حول العالم قد تلقّوا نوعًا ما من أنواع عمليات تنشيط المخ، ضمن الدراسات الإكلينيكية، بل وسيزيد العدد في المستقبَل. كما يؤكد على أهمية نشر نتائج أي عمل مماثل يُجرى على الأطفال.. ويقول: «أحث كل العلماء على مشاركة نتائج تجاربهم المماثلة على الأطفال والبالغين الصغار في السن، من أجل إتاحة الفرصة للعلماء الآخرين للتعلم من التجارب الفاشلة، وتعديل البروتوكولات حسب الحاجة». ■

التمويل

ألمانيا تزعم نجاح مسعى جامعات النُّخبة

كان هناك تقريرٌ امتدح البرنامجَ الذي خَصَّص 4.6 مليار يورو لجعل الجامعات الرائدة أكثر تنافسًا. وهناك مؤسسات أصغر فعلت ذلك أيضًا.

كيرين شيرماير، وريتشارد فان نوردين

لا تزال الحكومة الألمانية ـ منذ عقود ـ تحاول أن تنسف أسطورة أن جميع جامعات البلاد تقف على قدم المساواة. ففي عام 2006، أطلقت الحكومة برنامجًا، مدته 11 عامًا، بتكلفة 4.6 مليار يورو (5 مليارات دولار أمريكي)، كان هدفه تحقيق أقصى استفادة من الجامعات الألمانية الأكثر قدرة على التنافس مع الجامعات، على غرار أكسفورد، وكمبريدج، وهارفارد. وقد أدَّت الحملة ـ التي أُطلق عليها لقب «مبادرة الامتياز» ـ إلى حصول 14 مؤسسة على رمز «النخبة» بصورة غير رسمية.

يشير تقرير صدَر في 3 سبتمبر الماضي عن وكالة تمويل الأبحاث الرئيسة في ألمانيا DFG ـ التي تدير المبادرة بالتعاون مع مجلس العلوم الألماني ـ إلى أن التدفق النقدي يحقق نتائج ملموسة. ومع ذلك.. لا يزال المكافئ الألماني لرابطة اللبلاب الأمريكية بطيء التشكل.

ويُظْهِر تحليل أجراه فريق الأخبار في دورية *Nature* أن هناك جامعات تحظى بتفضيل أقل من المبادرة، قد تحسنت بالسرعة نفسها لجامعات النخبة فيما يتعلق بإنتاج عمل يحظى بالاقتباس والاستشهاد بدرجة عالية. يقول ألفريد فورتشيل، رئيس جامعة فورتسبورج التي تُعَدّ مؤسسة واكبت مسيرة العلم، دون تمويل ضخم: «لا نحتاج إلى الحصول على لقب «نخبة» لإنتاج بحث جيد في ألمانيا».

ترى وكالة DFG أن هذا الأمر علامة إيجابية، حيث يقول دوروثي دزفونِك، الأمين العام للمؤسسة: «لبَّت مبادرة التميز التوقعات التي عُقدت بشأنها، ولم تضعف الجامعات التي لم تستفد منها استفادة مباشرة»، بيد أن هناك نقاد يقولون إنّ المخطَّط أفاد الإداريين أكثر مما أفاد العلماء، وإنّ الزيادة الكبيرة في تمويل الأبحاث في كافة أنحاء ألمانيا على مدى العقد الماضي تجعل من الصعب تتبُّع تأثير المبادرة على تحسين أحوال البلاد.

كما أن تقرير وكالة DFG ـ وهو تحليل التمويل في الجامعات الألمانية، يتم إصداره كل ثلاثة أعوام ـ يُعتبر هو المحاولة الأولى لقياس النتائج الأولية للمبادرة. وفي الفترة بين عام 2011، حتى 2013 فقط، تسلّمت 45 جامعة تمويلاً إجماليًّا يزيد على مليار يورو، مخصصًا لإدارة كليات دراسات عليا عالمية، وتأسيس مجموعات خاصة من التميز. كما استلمت كل مجموعة فرعية تمويلاً إضافيًّا، يتراوح بين 10 إلى 14 مليون يورو سنويًّا، بغرض تطبيق الاستراتيجيات المؤسسية الهادفة إلى تقوية الجامعة ككل، وهو الجزء الأكثر رقيًّا من المنافسة، (انظر: *Nature* **487**, 519-521; 2012).

تتضمن مجموعة النخبة بعضًا من أكبر الجامعات البحثية الألمانية، وأحسنها تجهيزًا، مثل جامعة لودفيج ماكسيميليان في ميونيخ، والجامعة التقنية الراينية الفستفالية العليا بآخِن. ويُظْهِر التقرير أن جامعات النخبة تكون لها اليد العليا عندما يتعلق الأمر بالفوز بمِنَح تنافسية من وكالة DFG، حيث تحصل تلك الجامعات

صعود ألمانيا

تشهد المقالات البحثية الألمانية زيادة مطردة في نسبة الاستشهاد بها، وبرغم ذلك تواكب بعض الجامعات الأصغر في البلاد الصعود الذي تشهده مؤسسات "النخبة فيها".

نسبة المقالات في أكبر 10% من جامعات العالم (بعدد الاستشهادات)

%40
%30
%20
%10

2012
2010
2008
2006
2004
2002

جامعة هارفارد
14 جامعة نخبة ألمانية
5 جامعات ألمانية أخرى*
ألمانيا
الولايات المتحدة

*جامعات: (بون - أولم – لايبتسيج – ريجنسبورج – فورتسبورج). تحليل المقالات على قاعدة بيانات Scopus، باستخدام أداة Scival الخاصة بشركة Elsevier.

SOURCE: SCOPUS/SCIVAL

كمجموعة على ما يزيد على 40% من إجمالي تمويل الوكالة في الفترة من 2011 إلى 2013. ورغم ذلك.. فازت المؤسسات نفسها، البالغ عددها 14 مؤسسة بالحصة نفسها تقريبًا من تمويل وكالة DFG في الفترة من 2002 إلى 2004، قبل إطلاق المبادرة.

تشهد المخرجات العلمية ارتفاعًا كبيرًا في 45 جامعة تلقّى دعمًا نقديًّا من المبادرة، حسبما يشير تقرير المؤسسة. فقد زادت مخرجات تلك الجامعات بنسبة 43% في الكيمياء والفيزياء منذ عام 2002، وزادت المخرجات بأكثر من 34% في تلك المواد في جميع الجامعات الألمانية. كما يشير تحليل آخر، أجرته دورية *Nature*، إلى أن جامعات النخبة ـ التي يبلغ عددها 14 جامعة ـ تنتج الآن وحدها 35% من إجمالي مقالات ألمانيا، مقارنةً بنسبة 29% في عام 2002.

الصدارة دائمًا للأفضل

إنّ مبادرة التميز قد لا تفصل النخبة عن سائر الجامعات فيما يتعلق بجودة الأوراق البحثية. ويُظْهِر تحليل دورية *Nature* أن حوالي ربع المقالات المنشورة من جامعات النخبة فحسب، موجود الآن ضمن نسبة 10% من أكثر الأوراق البحثية التي تحظى بالاستشهاد على مستوى العالم، مقارنةً بنسبة سُدْس المقالات فحسب منذ 12 عامًا. وهذا يُظْهِر أيضًا أن بعض الجامعات الألمانية الأخرى التي تتلقى تمويلاً أقل بكثير، أو لا تتلقى تمويلاً إضافيًّا، قد توافقت مع هذا الصعود (انظر: «صعود ألمانيا»).

وهذا شيء مبشِّر، حسب قول كارل إيبلينج، رئيس جامعة أُولْم، التي لقيت نجاحًا ضئيلاً في المبادرة، وبرغم ذلك.. تتبوأ مكانات أعلى على المستوى العالمي من جامعات النخبة في بريمن، وكونستانس، على سبيل المثال.

يعتقد بيورن بريمس ـ المتخصص في بيولوجيا الأعصاب في جامعة ريجنسبورج ـ أن عدم وضوح أثر المبادرة على صناعة النخب يرجع إلى الإنفاق الشحيح. وقد عكف على دراسة إحصائيات التوظيف الألمانية؛ ووجد أدلّة على تزايد البيروقراطية الأكاديمية، حسب تعبيره.

ويقول بيورن في هذا الصدد: « تم استحداث أربعة مناصب إدارية جديدة فحسب، بالنسبة إلى كل عالِم تم توظيفه بفضل مبادرة التميز، ولا عجب ألّا يكون لمؤسسات النخبة سبقًا في الأبحاث، مقابل بعض الجامعات الأخرى؛ عندما تكون المجموعة التي تستفيد أكبر استفادة من المبادرة غير منخرطة في العلوم أصلًا».

تقول وكالة DFG إنها لم تبحث في إمكانية أن تكون المبادرة قد أثقلت كاهل إدارات الجامعات، حيث يقول دزفونِك: «لقد جذبت المبادرة 4,000 عالم أجنبي موهوب إلى الجامعات الألمانية، وزادت بصورة كبيرة من المخرجات الدراسية لتلك الجامعات. ومن وجهة نظرنا، يُعَدّ هذا نجاحًا حقيقيًّا». ويوافق كثيرون على أن المنافسة ـ على الرغم من الغموض الذي يغلِّف آثارها القابلة للقياس ـ قد أسدت خدمة جيدة إلى مجال العلوم في ألمانيا. فقد كانت صدمة إيجابية للمنظمة العلمية ذات الهيكلية المحافِظة في ألمانيا، حسب رأي جاكوب إدلر، المدير التنفيذي لمعهد مانشستر لبحوث الابتكار، في المملكة المتحدة.

من المزمع أن تَظْهَر نتائج التقييم الشامل لمبادرة التميز ـ الذي تجريه لجنة دولية من الخبراء ـ في يناير 2016. وبعد ذلك.. ستقوم الحكومة الفيدرالية الألمانية والست عشرة ولاية ـ التي اتفقت مبدئيًّا على مواصلة البرنامج ـ بأَخْذ القرارات المتعلقة بمستقبل المبادرة. ويقول فورتشيل في هذا الصدد: «تروِّج مبادرة التميز لأفكار جديدة، وعلاقات تعاونية جديدة. وآمُل بشدة أن تستمر إلى ما بعد عام 2017». ■

صحة عالمية

لدغات الأفاعي تسبِّب أزمة في أفريقيا

يحذِّر متخصصون في مجال الصحة من نفاد مخزون مضاد للسُّمّ خلال عام 2016.

كويرين شيرماير

تواجِه مناطق أفريقيا الريفية عودة ظهور طاعون محقَّق، نادرًا ما ينال اهتمامًا إعلاميًّا، وهو لدغات الأفاعي. فبحلول يونيو من العام المقبل، من المتوقع أن ينفد مخزون مضاد السموم الأكثر فاعلية في مواجهة الأفاعي والحراش (نوع من الأفاعي الأفريقية السامة) والكوبرا، لأن الشركة الوحيدة التي تصنع الدواء قد أوقفت الإنتاج. وقد حذَّر متخصصون في مجال الصحة في مؤتمر الطب الاستوائي في بازل بسويسرا من ارتفاع عدد الوفيات بسبب لدغات الأفاعي، إذا لم يتوفر أي بديل ملائم لهذا الدواء المضاد للسموم. وفي هذا الصدد.. يقول جابرييل ألكوبا، وهو مستشار طبي للمنظمة الإنسانية الدولية «أطباء بلا حدود» MSF: « نتعامل هنا مع أزمة صحية مُهمَلة، قد تتحول إلى مأساة في أفريقيا».

قد يبدو وكأن الأفاعي السامة تشكل تهديدًا قديمًا في عالم سريع التمدن، كالذي نعيش فيه. ورغم ذلك.. تشير التقديرات الحذرة إلى أن لدغات الأفاعي تفتك بأكثر من 100 ألف شخص حول العالم سنويًّا (انظر: «خسائر في الأرواح»)، وهذا العدد يشكل أكثر من متوسط عدد الأرواح الذي تحصده الكوارث الطبيعية. وعادةً ما يعاني الناجون من لدغات الأفاعي من تضرُّر جسدي أو ذهني دائم.

في عام 2010، توقفت شركة أدوية فرنسية، تُسمى «سانوفي باستير» Sanofi Pasteur، من ليون، عن إنتاج لقاح الجسم المضاد «فاف- أفريك» Fav-Afrique، وهو لقاح يقلل من كمية السم التي تسري في الدورة الدموية في جسم الملدوغ. ويُصنع اللقاح من بلازما تتم تنقيتها، بعد أن تؤخذ من خيول سبق حقنها بكميات صغيرة من سم الأفاعي، ويبطل اللقاح سم عدد كبير من أكثر الأفاعي الأفريقية خطورة.



PAUL STAROSTA/CORBIS

أفعى السّجّاد القاتلة (*Echis ocellatus*).

وقد أنقذ الترياق الكثير من الأشخاص من لدغات أصناف مميتة من الأفاعي، مثل أفعى السّجّاد (*Echis ocellatus*) المنتشرة في غرب أفريقيا، وأفعى الحراش السوداء (*Dendroaspis polylepis*)، الموجودة في منطقة جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى، إلا أن التكلفة المرتفعة للقاح ـ (250 – 500) دولار أمريكي للشخص ـ وكذلك النقص في التوريد، يعنيان أن نسبة 10% فحسب من ضحايا لدغات الأفاعي في أفريقيا يحصلون على علاج. وتقول الشركة إن إنتاج اللقاح لم يعد مربحًا، إذ تسببت منتجات أرخص، تنتجها شركات منافسة، في إخراج شركة «سانوفي باستير» من السوق الأفريقية، حسب قول أليان بيرنال، وهو متحدث باسم الشركة. ويقول بيرنال إن شركة «سانوفي باستير» تعمل من أجل إتاحة نقل المعرفة للشركات التي ترغب في استلام إنتاج لقاح الجسم المضاد «فاف- أفريك».

توجد شركات مستحضرات دوائية في جنوب أفريقيا، والهند، والمكسيك، وكوستاريكا، ضمن الشركات التي تسوِّق منتجات أرخص، بعضها جيد في مكافحة لدغات الأفاعي في الدول الأم لهذه الشركات، إلا أن فاعليتها في مكافحة التنوع الكبير لفصائل الأفاعي في أفريقيا لم تثبت بعد في التجارب الإكلينيكية. وبغرض تسريع العملية، تَعرِض منظمة «أطباء بلا حدود» اثنين من مستشفياتها في جمهورية أفريقيا الوسطى، وجنوب السودان، كمواقع لإجراء الأبحاث، إلا أن التصديق على المنتجات قيد التطوير سيستغرق عامين على الأقل. وإضافة إلى ذلك.. فإنه لا يحظى أي من هذه المنتجات بنجاح واسع، مثل لقاح «فاف- أفريك»، حسب قول ألكوبا.

التهديد المُهمَل

على الرغم من أن هذه المسألة أصبحت مهمة مؤخرًا فحسب، إلا أن مشكلة لدغات الأفاعي في أفريقيا آخِذة في الاشتعال منذ سنوات، حسب قول متخصص في الطب الاستوائي، هو ديفيد وارل، من جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة، الذي يقدم الاستشارات لمنظمة الصحة العالمية. فالوفيات من جرّاء لدغات الأفاعي آخذة في الارتفاع منذ العقد المنصرم في جمهورية أفريقيا الوسطى، وغانا، وتشاد. ويعود جزء من ذلك إلى الفشل في تدريب عدد كاف من الكوادر الصحية، والتجاهل من جانب وزارات الصحة، وكذلك «التسويق منعدم الضمير» لمضادات السموم غير الملائمة. ويقول وارل: «تواجِه الدول التي تتنازعها الحروب مشكلات أخرى كثيرة. وبرغم أن ملايين الأطفال والمزارعين الفقراء والرُّحَّل عرضة للدغات الأفاعي، إلا أن هذه المسألة لا تحوز على اهتمام رجال السياسة في عواصم هذه الدول». يضيف وارل قائلًا إن منظمة الصحة العالمية لم تقم إلا بالقليل من المساعدة في هذه المسألة، حيث نشرت الوكالة خطوطًا توجيهية لإنتاج مضادات السموم، بغرض تحسين سلامة وفاعلية استخدام الأجسام المضادة، لكنها لا تدير أي برنامج رسمي لتحسين العلاج عبر تدريب الكوادر الصحية، وتقديم الاستشارات للوزارات، أو تثقيف المجتمعات، كما تفعل حيال 17 مرضًا استوائيًّا مهملًا، بما في ذلك فيروس حمى الضنك، ومرض النوم. ومع ذلك.. يقول وارل إن لدغات الأفاعي تسبب خسائر في الأرواح، أكثر مما تسببه السبعة عشر مرضًا مجتمعة.

يقول وارل أثناء ـ انتظار التجارب الإكلينيكية في الكشف عن بديل للقاح «فاف- أفريك» ليُطرح في الأسواق ـ إن مفاتيح الحل لتقليل خطر لدغات الأفاعي تتمثل في التثقيف، والتدابير الوقائية، مثل لبس الأحذية المناسبة، واستخدام الضوء عند العودة مشيًا من الحقول، والنوم على مستوى أعلى من الأرض، تحت شبكة صد البعوض. ويضيف ألكوبا قائلًا إن المجتمع العالمي للصحة بدأ ـ مشكورًا ـ يفهم الضرورة الملحة للوضع، قائلًا: «لقد اعتاد الناس الضحك عندما كنا نتحدث عن لدغات الأفاعي، إلا أن الوضع الآن لم يَعُد مضحكًا». ■

الخسائر في الأرواح

تقديرات ترجيحية لوفيات لدغات الأفاعي

يُعتبر عدد الأشخاص الذين يتعرضون للدغات الأفاعي، أو يموتون جراءها في دول جنوب الصحراء الأفريقية الكبرى، عددًا غير مؤكد، لكن حسب منظمة أطباء بلا حدود، التي تقوم كوادرها الصحية على معالجة لدغات الأفاعي، عبر برامج ميدانية في جمهورية أفريقيا الوسطى، وجنوب السودان، فإن حوالي 30 ألف شخص يموتون سنويًّا، وحوالي 8,000 شخص على الأقل ينتهي علاجهم ببتر الأطراف، إلا أن الوفيات من لدغات الأفاعي قد تكون أعلى مما يبيّنه التقرير السردي، حيث لا تتوفر معطيات موثوقة في بعض الدول، بما فيها جمهورية الكونغو الديموقراطية ـ وهي موطن عدد ضخم من الأفاعي السامة ـ حسبما يقول ديفيد وارل، وهو متخصص في الطب الاستوائي في جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة.

ولا يقتصر التبليغ المحدود عن الحالات على أفريقيا فقط، فقد استنتج مؤلفو دراسة استطلاعية تمثيلية على المستوى القومي، نُشرت في عام 2011، بخصوص عدد الوفيات بسبب لدغات الأفاعي، أنه رغم توفُّر الترياق، يموت حوالي 46 ألف شخص في الهند كل سنة، بسبب لدغات الأفاعي. (B. Mohapatra *et al.* *PLoS Negl. Trop. Dis* **5**, e1018; 2011). وقد صدرت تقارير عن مكتب الإحصاء المركزي الهندي، تبيِّن وقوع 1,219 و985 لدغة مميتة في عامي 2009، و2010 على الترتيب. ويعود أحد أسباب هذا التضارب ـ حسب قول وارل، الذي شارك في إعداد الدراسة ـ إلى أن كثيرين من ضحايا لدغات الأفاعي يموتون قبل أن يصلوا إلى المستشفى، أو أنهم يضيِّعون الكثير من الوقت الثمين في التردد على المعالجين التقليديين، قبل أن يلجأوا لطلب المساعدة الطبية الاعتيادية. **كويرين شيرماير**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



سر الميتوكوندريا

ربما تكون لدى «مراكز توليد الطاقة» في الخلية أدوار أكثر من المتوقع. فهل يمكن لهذا أن يسبب مشكلات بالنسبة إلى علاجات استبدال الميتوكوندريا؟

جاري هاملتون

في تسعينات القرن الماضي، أراد العلماء الفرنسيون معرفة ما الذي يحدث لدماغ الفأر عند العبث في الميتوكوندريا الخاصة به، وهي البِنَى المولِّدة للطاقة داخل الخلايا الأكثر تعقيدًا. درَس الفريق سلالتي فئران، تُدْعَيان H، وN، وتحملان اختلافًا ضئيلًا في تسلسل الحمض النووي الخاص بالميتوكوندريا.

كان من الواضح أن فئران السلالة H قد تعلّمت التنقل في المتاهات أسرع من أبناء عمومتها في السلالة N، ولكن عندما قام الفريق بمبادلة الميتوكوندريا – جاعلين الفئران H تحمل ميتوكوندريا السلالة N، والعكس صحيح للفئران N - تغيَّر أداء السلالتين. وبدا أن ميتوكوندريا السلالة N تبطئ عملية التعلم لدى فئران السلالة H، بينما بدا أن الفئران N قد تحسنت قليلًا مع ميتوكوندريا السلالة H.[1]

كما وجد الفريق الذي يقوده عالم الوراثة بيير روبرتو في «المعهد الوطني الفرنسي للصحة والبحوث الطبية في مرسيليا» INSERM تغيرات أخرى في السلوك، وتشريح الدماغ أيضًا.

كانت النتائج مفاجأة، لأن اختلافات كهذه بين جينومات الميتوكوندريا كان يُنظر إليها باعتبارها اختلافات محايِدة، بلا تأثير حيوي معين. «كان الرأي السائد منذ فترة طويلة هو أن الاختلاف الجيني الذي نجده ضمن جينوم الميتوكوندريا بلا تأثير وظيفي»، حسب قول داميان داولنج، عالم الأحياء التطورية في جامعة موناش، الموجودة في مدينة ملبورن بأستراليا.

لقد تغيرت هذه النظرة.. فهناك مجموعة متزايدة من الأدلة تشير إلى أن الميتوكوندريا لا تنتج الطاقة فحسب، بل تؤثر أيضًا على مجموعة واسعة من العمليات الخلوية، من موت الخلايا إلى الاستجابة المناعية، وأن الاختلافات في عضية الميتوكوندريا شديدة الأهمية. وترتبط المتغيرات في الحمض النووي الخاص بالميتوكوندريا الآن بالعديد من الحالات البشرية المألوفة، التي تتضمن الأمراض العصبية التنكسية، والسرطان، والشيخوخة.

قد تنشأ تأثيرات هذه المتغيرات عبر مشارَكة عضية الميتوكوندريا ـ التي تطورت على المدى الطويل ـ مع جينوم النواة الذي يفوقها حجمًا بكثير. وقد أظهرت الدراسات التي أُجريت على عدد قليل من الكائنات الحية، أنه مثلما حدث في فئران السلالتين H ، وN، من الممكن أن تؤدي مبادلة الميتوكوندريا السليمة بين سلالات وثيقة التقارب إلى حدوث عدم تطابق بين الجينومات، وقد تغيِّر صفات مهمة. وحسب رأي داولنج وسواه، يجب أن تثير هذه الأدلة تساؤلات حول سلامة هذا الإجراء الذي سيُجرى عمّا قريب على البشر.

وافقت الحكومة البريطانية في فبراير الماضي على العلاج باستبدال الميتوكوندريا، وهي تقنية تتيح للمرأة المصابة باضطراب الميتوكوندريا أن تنجب أطفالًا أصحاء، عن طريق مزاوجة الحمض النووي الخاص بها مع ميتوكوندريا سليمة من بويضة مانحة. وجاءت الموافقة بعد جهود استمرت ثلاثة أعوام ونصف العام لمراجعة فكرة تخليق أفراد باستعمال حمض نووي من ثلاثة أشخاص (أو ما يسميه البعض أطفال الثلاثة آباء)، وذلك بالنظر من زاوية السلامة، ومن الزاوية الأخلاقية. ورغم أن علماء كثيرين أشادوا بالقرار، إلا أن بعضهم قلق من كونه سابق لأوانه. «إنهم لا ينظرون إلى الصورة الأكبر»،

ILLUSTRATION BY SÉBASTIEN THIBAULT

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

حسب قول تيد مورو، عالم الأحياء التطورية في جامعة ساسكس، الموجودة في مدينة برايتون بالمملكة المتحدة، الذي يطالب بإجراءات أكثر صرامة لاختبار السلامة، إذ يقول: «إن معايير اختبار الشامبو تبدو أشد قسوة».

الأمر المألوف الذي يصب في صالح العلاج هو أن الإسهام الوراثي من الميتوكوندريا ضئيل جدًّا. وفي مقابل وجود 3 مليارات زوج قاعدي من الحمض النووي، و20 ألف جين في النواة البشرية، يبدو جينوم الميتوكوندريا ضئيلًا جدًّا (انظر: «علاقة معقدة»). ونظرًا إلى كونها تورَّث عن طريق بويضة الأم فحسب، فهي تتألف من أقل من 17 ألف زوج قاعدي، و37 جينًا فحسب، ولكن يمكن لخلية واحدة أن تحتوي على الآلاف من نسخ جينوم الميتوكوندريا، مقابل اثنين فقط من الجينومات النووية، أحدها من الأم، والآخر من الأب.

كما أن الحمض النووي الخاص بالميتوكوندريا يقوم بعمل تراكم للطفرات بسرعة لا تُصدَّق، تعادل نحو عشرة أضعاف معدل الحمض النووي للنواة، ويستخدم علماء الوراثة الاختلاف الناتج كنوع من الساعة الجزيئية، حيث ساعدتهم الساعة في وضع شجرة العائلة البشرية التي تُظْهِر العديد من جينومات الميتوكوندريا المترابطة بشكل عام، المعروفة باسم المجموعات الفردية (هابلوجروب)، التي نشأت في مكان ما من أفريقيا قبل حوالي 150 ألف عام، وتشمل اثنتين أدَّتا إلى ظهور الآلاف من المجموعات الفردية الأصغر، الموجودة الآن في جميع أنحاء العالم.

كان الرأي السائد هو أن الاختلافات الجينية بين الميتوكوندريا في هذه المجموعات كانت أكثر قليلًا من انعكاس الهجرات الماضية، ولكن خلال الثمانينات من القرن الماضي، بدأ الباحثون في تحدِّي هذا الافتراض. وفي هذا الصدد، يقول ديفيد راند، عالم الأحياء التطورية في جامعة براون في بروفيدانس، رود أيلاند: «تتحكم الميتوكوندريا في مكون مركزي لعملية التمثيل الغذائي؛ وبالتالي هذا الاختلاف يُتوقع أن يكون مثيرًا للاهتمام بشدة».

إحدى طرق اختبار ما إذا كانت الميتوكوندريا في إحدى المجموعات البشرية تعمل بطريقة مختلفة عن تلك الموجودة لدى مجموعة أخرى، هي مبادلتها بين المجموعتين، ولكنّ تجارب كهذه ستكون غير أخلاقية عند إجرائها على البشر، وغير عملية عند إجرائها على عديد من الحيوانات الأخرى. لذا.. تحوَّل راند نحو ذباب الفاكهة، حيث عمد إلى تهجين سلالتي ذباب مختلفتي الميتوكوندريا، ثم أعاد إجراء التزاوج التبادلي مرارًا؛ إلى أن اكتملت المزاوجة التامة بين ميتوكوندريا إحدى السلالتين، ونواة السلالة الأخرى.

بعد ذلك.. وضع ذباب الفاكهة ذا الجينومات النووية المتماثلة، ولكن مختلفة الميتوكوندريا معًا في قفص واحد؛ فوجد أن الذباب ذا جينومات ميتوكوندريا محددة سرعان ما يسيطر على المجموعة[2]، حيث إن شيئًا ما في الميتوكوندريا كان يمنحها ميزة إضافية في البقاء على قيد الحياة. كما أظهر العمل اللاحق الذي قام به راند، وداولنج، وغيرهما، أنه لم يكن جينوم الميتوكوندريا فحسب، بل إن تفاعله مع الجينوم النووي هو الذي يؤثر على مجموعة من الصفات، التي تشمل طول العمر، والنجاح التناسلي، ودرجة التطور، والشيخوخة، والنمو، والحركة، والتشكل، والسلوك.

تجاوزت النتائج حدود حيوانات المختبر داخليّة التهجين، مثل ذبابة الفاكهة والفئران. فعلى مدى العقدين الماضيين، وجد رون بيرتون ـ وهو الباحث في معهد سكريبس لعلوم المحيطات في لاجولا بولاية كاليفورنيا ـ أن تهجين مجموعات الأقارب من القشريات الدقيقة، المعروفة باسم «المجدافيات»، من برك المَدّ والجَزْر على ساحل المحيط الهادئ، غالبًا ما يؤدي إلى انهيار لياقة الحيوانات بشدة[3]، حيث يوجد دليلان على ذلك قادا بتوجيه بيرتون إلى الشك في أن السبب كان عدم توافق الحمض النووي بين النواة والميتوكوندريا. أولهما، أن جينومات الميتوكوندريا في المجموعة كانت مختلفة للغاية. وثانيهما، أن القصور في إنتاج الطاقة كان المشكلة الأساسية في الكائنات المريضة.

جاءت النقطة الفاصلة عندما اختار بيرتون الإناث من الحيوانات المريضة، وزاوَجَها مع ذكور من المجموعة نفسها كأمهات الإناث. وكان النسل الناتج ـ الذي كان لديه مرة أخرى مزيج طبيعي من جينومات الميتوكوندريا والجينومات النووية ـ بصحة ممتازة. يقول بيرتون: «هذا أمر صاعق. وقد تمكّنا من إجرائه بأنماط مختلفة ومتعددة».

كان من الصعب توسيع هذه النتائج على الثدييات.. فقد استغرق تطوير خطوط روبرتو للفئران غير متطابقة الميتوكوندريا أكثر من 20 جيلًا و12 عامًا، ولكنْ هناك عدد قليل من الدراسات قد توصَّل إلى نتائج مشابهة. فقد عمد دوجلاس والاس، الذي يرأس مركز طب الميتوكوندريا وعلم الوراثة غير الجيني في مستشفى الأطفال في فيلادلفيا، إلى دمج نواة من سلالة لفئران المختبر، مع ميتوكوندريا من فأر معروف باحتوائه على جينومين مختلفين، ولكنهما طبيعيان في الميتوكوندريا. ووجدت مجموعته أن الفئران المعدَّلة كانت لديها إيقاعات يومية مغايرة (التذبذبات الطبيعية التي تتبع دورة كاملة خلال 24 ساعة تقريبًا)، وكان أداؤها أسوأ في المتاهات، وبدت أكثر ضيقًا في ظروف تجريبية معينة، مقارنة بالحيوانات غير المعدلة[4].

أما في البشر، فلا يوجد سوى أدلة غير مباشرة على أن الاختلاف المشترك الذي وُجد في جينومات الميتوكوندريا الخاصة بالأفراد الأصحاء قد تكون له تأثيرات حيوية. وقد تم ربط بعض أنماط الميتوكوندريا الفردية باضطرابات معينة، مثل النوع الثاني من مرض السكري، ومرض باركنسون، والسرطان. كما يُعتقد أن الاختلاف الطبيعي في الميتوكوندريا يؤثر على الصفات البدنية العامة، مثل طول العمر، واللياقة البدنية المتفردة[5]. ويقول جوران آرنكفست، عالم الأحياء التطورية في جامعة أوبسالا في السويد إن «الارتباطات هي ارتباطات فحسب، ولكننا نملك منها الآن ما يكفي ليكون دليلًا دامغًا على حدوث أمر ما في الحمض النووي للميتوكوندريا».

مزاوجة مراكز توليد الطاقة

والسؤال الدقيق الآن هو كيف تتمكن هذه الاختلافات من التأثير على مجموعة واسعة كهذه من الوظائف الحيوية؟ ويكمن جزء من الإجابة في علاقة هذه الاختلافات بالجينوم النووي، حيث يشارك ما يقرب من 1,500 من الجينات النووية في وظائف الميتوكوندريا، التي تتضمن نحو 76 جينًا تقوم بتشفير البروتينات الرابطة للببتيدات المشتقة من الميتوكوندريا.

ويمكن للمتغيرات الشائعة أن تغير الطريقة التي تتفاعل بها هذه البروتينات. فإذا كان البروتين المشتق من الميتوكوندريا يحتاج إلى أن يتطابق بارتياح مع نظيره النووي، فيمكن حتى للتغيرات الطفيفة في أحد الشريكين أنْ تعطِّل ذلك الارتباط، وهو احتمال قائم، كما توضح النماذج ثلاثية الأبعاد[6,7].

> «إنها ليست مجرد مَعامل للطاقة، بل تُعتبر ـ بشكل ما ـ مركزًا للأعصاب، ومنظِّمًا لحرارة الخلية وحالتها».

قارنت دراسة نُشرت في عام 2009 بين ميتوكوندريا سلالتين أوروبيّتين بشريتين شائعتين، تسميان المجموعات الفردية (J)، و(H)، في خلايا تحتوي على الحمض النووي نفسه[8]. وأظهرت الدراسة أن الخلايا ذات الميتوكوندريا من نوع المجموعة الفردية J احتوت على أكثر من ضعفي عدد نسخ الحمض النووي الميتوكوندري، مقارنة بالمجموعة الفردية H، وهو الفارق الذي من المتوقَّع أن يكون كبير التأثير على إنتاج بروتينات الميتوكوندريا. وتستطيع تأثيرات كهذه أن تغيِّر معدل إمدادات الميتوكوندريا بالطاقة، مع نتائج مترتبة مؤثرة على العديد من الأنشطة الخلوية، ولكن الأدلة الناشئة تشير إلى طرق أخرى يمكن للميتوكوندريا فيها أن تكون ذات تأثيرات حيوية واسعة.

قد يكون للجزيئات المختلفة التي تتشكل أثناء عملية إنتاج الطاقة، كالجذور الحرة، تأثير مباشر على العمليات المشاركة في الشيخوخة، والالتهاب، وبعض الوظائف الخلوية الأساسية. وفي مايو الماضي، قام فريق من الباحثين ـ قاده جيرالد شيدل في جامعة ييل في نيو هيفن، بولاية كونيتيكت ـ بتوضيح أن الحمض النووي للميتوكوندريا في الفئران يمكنه ذاتيًّا استهداف استجابة مناعية فطرية ضد حالات العدوى الفيروسية[9]. «إنها ليست مجرد معامل للطاقة»، حسب قول راند، «بل تُعتبر ـ بشكل ما ـ مركزًا للأعصاب، ومنظِّمًا لحرارة الخلية وحالتها».

وقد وجد الباحثون أيضًا دليلًا على وجود صنف جديد من الببتيدات المشتقة من الميتوكوندريا، التي يمكن تشفيرها بواسطة تسلسلات من جينات ميتوكوندريا أخرى. واحد منها هو «هيومَنين» humanin، وهو ببتيد صغير اكتشفه باحثون يابانيون في سنة 2001، وهو يزيد من الحساسية للإنسولين في الجرذان والفئران المعرَّضة للإصابة بالسكري[10]. ويعتقد أن الجين الذي يشفره يقبع في جين الميتوكوندريا للحمض النووي الريبي الريبوسومي 16S rRna.

وفي مارس الماضي، وجد الباحثون في الولايات المتحدة مثالًا ممكنًا آخر، وهو MOTS-c، الذي يشفر بواسطة امتداد صغير من الحمض النووي المحشور بعيدًا في جين آخر. يعمل MOTS-c كهرمون، وعند حقنه في الفئران؛ يساعد على تعزيز الحساسية للإنسولين، ويحمي من السمنة[11].

يشك بعض الباحثين الآن في أن الحمض النووي الميتوكوندري يولد منظومة واسعة من الجزيئات النشطة حيويًّا ـ الببتيدات الصغيرة الأخرى، بالإضافة إلى امتدادات قصيرة من الحمض النووي الريبي ـ التي تشكل جزءًا من شبكة الاتصالات المتقاطعة بين

الجينومات الميتوكوندرية والنووية. «قابلية استمرار الحياة المعقدة - حياة حقيقيات النوى - تعتمد على مجموعة من التفاعلات شديدة الترابط ومنسقة بإحكام بين هذين الجينومين»، حسب قول داولنج. إنها الشراكة التي شكلت وتشكلت على مدى زمن لا متناهٍ من التطور.

ونظرًا إلى مدى الجودة التي أسهم فيها التطور في ضبط هذا التواصل، يبدي كثير من علماء الأحياء قلقهم حيال تعطيله في سياق المعالجة باستبدال الميتوكوندريا. فنتائج تجارب مبادلة الميتوكوندريا في الكائنات الحية الأخرى لا ينبغي تجاهلها، حسب تعبيرهم. وفي هذا الصدد، يقول كلاوس راينهارت، عالم الأحياء التطورية في جامعة توبنجن في ألمانيا: «لم نر أي اختلاف جذري بين الذباب والبشر من حيث التفاعلات بين الميتوكوندريا والنواة».

قد لا تكون الآثار الصحية دراماتيكية، وقد لا تتضح قبل مرور عقود بعد الولادة، حسب تعبير بيرتون، الذي يتابع بقوله: «لكنني أعتقد أن هناك احتمالًا أكيدًا بأننا سنرى أشياء من قبيل تعطُّل وظيفة الخصوبة، وسنرى أشكالًا متنوعة من متلازمات عمليات التمثيل الغذائي، وتغيرات في الأمور ذات الصلة بالتمثيل الغذائي بشكل عام».

دعوة للحذر

حدَّد راينهارت، وداولنج، ومورو مخاوفهم في بحث[12] نُشر في عام 2013 في دورية «ساينس»، ودعوا إلى إجراء دراسات تهدف إلى بحث كيفية أداء الذديات التي ولدت بعد استبدال الميتوكوندريا في مرحلة البلوغ، وقالوا إن العلماء يجب أن يبحثوا على الأقل في مطابقة النمط الفردي، بغرض التأكد من أن الميتوكوندريا من المتبرع والمتلقي تأتي من المجموعة الفردية السابقة للزرع نفسها. وعندئذ، فإن المضي قدمًا في هذه المرحلة، «سيضع مخاطرة تجريبية على الأُسَر»، حسب رأيهم.

وهناك باحثون آخرون لا يوافقون على ذلك، منهم ـ على سبيل المثال ـ علماء في جامعة نيوكاسل بالمملكة المتحدة، وفي جامعة أوريجون للصحة والعلوم (OHSU) في بيفرتون، وهما المؤسستان الرائدتان في العلاج باستبدال الميتوكوندريا، حيث لفتوا الأنظار إلى قرود الماكاك وافرة الصحة، التي ولدت في جامعة أوريجون للصحة والعلوم في عام 2009 بعد القيام بهذا الإجراء[13].

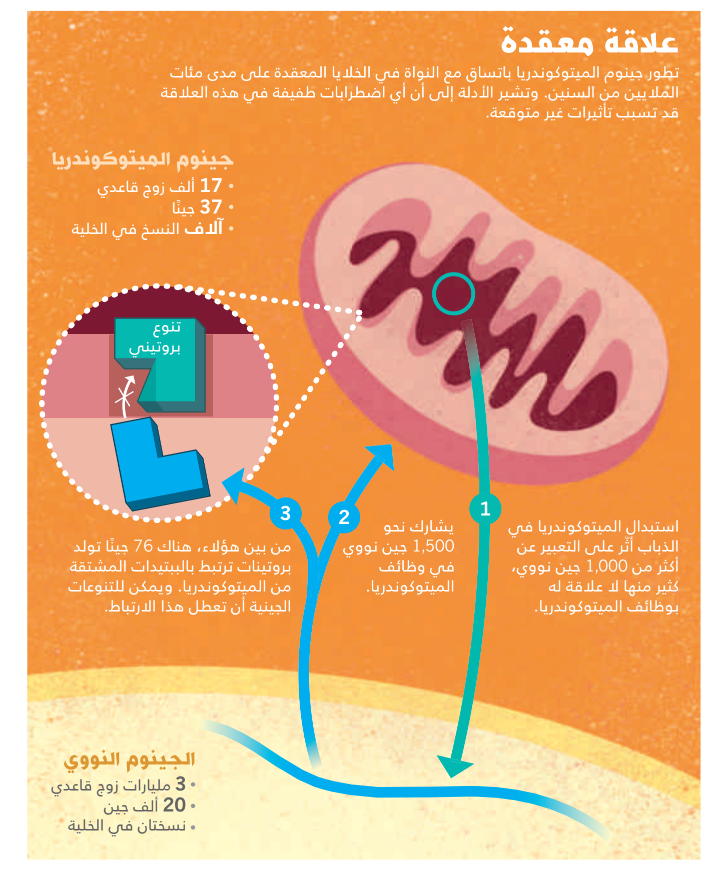
كما أشاروا أيضًا إلى أن معظم الأدلة عن المخاطر تأتي من الدراسات التي تستخدم سلالات الذباب والفئران مفرطة التهجين الداخلي، وهي عملية من شأنها أن تزيد الاختلافات الوراثية بين السلالات، وتنتج بالتالي درجة أكبر من «عدم التطابق» عند استبدال الميتوكوندريا. وكان رأيهم أن دراسات كهذه لها أهمية لا تُذكر على المجموعات البشرية التي تتعرض للتهجين طوال الوقت. فقد كتبوا أن «عدم وجود أي دليل موثوق يبين التفاعل الميتوكوندري النووي كمسبِّب للمرض في مجموعات البشر المهجَّنين خارجيًّا يوفر الطمأنينة اللازمة للمضي قدمًا». ويقول دوج تيرنبول أيضًا، الذي يرأس مجموعة نيوكاسل، إن الارتباطات بين مختلف الأنماط الفردية للميتوكوندريا البشرية والأمراض الشائعة ليست نهائية: «إذا كنا نكافح للعثور على إشارة، فهل يكون ذلك أمرًا قد يسبب صعوبات كبيرة حقًّا؟».

تم اعتماد الموافقة الحكومية في النهاية على تقرير عام 2014، الذي وضعته لجنة المراجعة العلمية، التي عيّنتها هيئة الخصوبة البشرية وعلم الأجنة (HEFA)، وهي الهيئة التي تنظم شؤون علاجات تسهيل الإنجاب في المملكة المتحدة. وامتنع رئيس الفريق ـ آندي جرينفيلد من مجلس البحوث الطبية ـ عن التعليق على هذه القصة، ولكن الهيئة قدمت ردًّا كتابيًّا على الأسئلة. وذكرت أن المداولات كانت «مضيعة للوقت، ومعقدة مثل البيانات نفسها»، مضيفة أن معظم المستجيبين الذين قدَّموا أدلة إلى المجلس نظروا إلى هذه المشكلات باعتبارها «ضئيلة في أسوأ الأحوال، أو غير موجودة». وأوصت اللجنة في تقريرها النهائي بضرورة مطابقة المجموعات الفردية «كخطوة احترازية»، ولكنها ذكرت أيضًا أن الفوائد المترتبة على ذلك ستكون «على الأرجح في الحدود الدنيا».

بعض الانتقادات الموجَّهة إلى القرار تضمن أن استبدال الميتوكوندريا قد يستحق المخاطرة بالنسبة للنساء اللاتي يردن تفادي تمرير اضطرابات نادرة وفتّاكة لأطفالهن. ولكن يعتقد كثيرون أن هناك حاجة إلى مزيد من الوقت لتقييم المخاطر. وهناك أيضًا قلق من أن مناصري العلاج سيقلِّلون من أهمية دور الميتوكوندريا، وخاصة مع تشبيههم لاستبدال الميتوكوندريا بتغيير البطاريات في كاميرا. ويرى النقاد أن الفشل في تقدير جميع العمليات الأخرى، التي تشارك فيها عضية الميتوكوندريا، ربما يفضي إلى ضوابط غير كافية، وتطبيق أوسع لاستبدال الميتوكوندريا في عيادات الخصوبة. يقول ديفيد كيف، عالم التناسل الحيوي في مركز لانجون الطبي التابع لجامعة نيويورك: «قد تعرف بضعة آلاف من الأشخاص الذين يعانون من أمراض الميتوكوندريا. وهناك عشرات الملايين من النساء المصابات بالعقم، اللاتي قد يرين هذا كوسيلة لشحن البطاريات في بويضاتهن».

هناك عيادة واحدة على الأقل في الولايات المتحدة استخدمت السيتوبلازم من

FLY DATA FROM P. INNOCENTI, E. H. MORROW, & D. K. DOWLING SCIENCE 332, 845–848 (2011).



بويضات المانحة؛ من أجل «تطبيع» بويضات النساء اللاتي يعالجن من العقم، وهذا اعتبارًا من أواخر تسعينات القرن الماضي (انظر: *Nature* **509**, 414–417; 2014). وأدَّت هذه العمليات ـ التي ربما نقلت الميتوكوندريا أيضًا ـ إلى حدوث 17 ولادة، قبل أن تطلب هيئة الأغذية والعقاقير الأمريكية إجراء دراسات السلامة على هذه العمليات، ثم توقفت العيادة عن هذه العمليات في عام 2001. ولا يُعرف الكثير عن صحة الأطفال المولودين نتيجة لهذه العمليات.

يرفض تيرنبول جدل المنحدر الزلق، حيث يقول: «التشريعات واضحة جدًّا في المملكة المتحدة، وتشير إلى أن التبرع بالميتوكوندريا يمكن أن يُستخدم من أجل الوقاية من مرض خطير في الميتوكوندريا فحسب، وأنا لا أعتقد أن هناك دليلًا قويًّا على وجود أي فائدة أخرى له».

وعلى الرغم من أن أحدًا لا يعرف ما هو الأمر التالي الذي ستكشف عنه أبحاث الميتوكوندريا سريعة التنامي، إلا أن الطرفين يتفقان على عدم وجود وسيلة للجزم بما سيحدث عند قيام الأطباء باستبدال الميتوكوندريا بين البشر، اختصارًا للإجراء الفعلي. وبالنسبة إلى داولنج، فهو يَعتبِر الأمر نِقاشًا علميًّا، يفضِّل عدم الفوز به، حيث يقول: «أود أن أرى الأمر ينجح؛ لكي تتمكن النساء اللائي يعانين من مرض في الميتوكوندريا من إنجاب أطفال غير متأثرين بهذه الأمراض. ولذا.. آمُل أن نكون على خطأ». ■

جاري هاملتون كاتب علمي، مقره في سياتل، واشنطن.

1. Roubertoux, P. L. *et al. Nature Genet.* **35,** 65–69 (2003).
2. Hutter, C. M. & Rand, D. M. *Genetics* **140,** 537–548 (1995).
3. Ellison, C. K. & Burton, R. S. *Evolution* **62,** 631–638 (2008).
4. Sharpley, M. S. *et al. Cell* **151,** 333–343 (2012).
5. Hudson, G., Gomez-Duran, A., Wilson, I. J. & Chinnery, P. F. *PLoS Genet.* **10,** e1004369 (2014).
6. Osada, N. & Akashi, H. *Mol. Biol. Evol.* **29,** 337–346 (2012).
7. da Fonseca, R. R., Johnson, W. E., O'Brien, S. J., Ramos, M. J. & Antunes, A. *BMC Genomics* **9,** 119 (2008).
8. Suissa, S. *et al. PLoS Genet.* **5,** e1000474 (2009).
9. West, A. P. *et al. Nature* **520,** 553–557 (2015).
10. Muzumdar, R. H. *et al. PLoS ONE* **4,** e6334 (2009).
11. Lee, C. *et al. Cell Metab.* **21,** 443–454 (2015).
12. Reinhardt, K., Dowling, D. K. & Morrow, E. H. *Science* **341,** 1345–1346 (2013).
13. Chinnery, P. F. *et al. PLoS Genet.* **10,** e1004315 (2014).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ILLUSTRATION BY DEAN TRIPPE

العلوم في فريق

أصبح تداخل التخصصات هو الصيحة الأحدث.. بينما يعمل العلماء على حل المشكلات المجتمعية الكبرى، لكن ما زالت هناك مقاومة قوية لمسألة تجاوز الحدود تلك.

هايدي ليدفورد

إنّ طلب مبلغ 40 مليون دولار أمريكي ليس أمرًا سهلًا على الإطلاق، إلا أن ثيودور براون كان يدرك أن عرضه تحديدًا سيكون في غاية الصعوبة. وبحُكْم منصبه كنائب مستشار للأبحاث في جامعة إلينوي في أوربانا-شامبين في أوائل الثمانينات، كُلِّف براون بمهمة طلب تبرُّع كبير من رجل الأعمال الكيميائي الثري أرنولد بيكمان، الذي تخرَّج في الجامعة نفسها، والذي تردد حيال الأمر.. إذ كان يرى أن الجامعة يجب أن تتلقى معظم دعمها من الدولة؛ فقرر براون ابتكار مشروع لم ير مثيلًا له من قبل.

في عام 1983، وبالاشتراك مع زملائه، قدَّم براون عرضًا باسم المؤسسة المعنية، التي كانت فرصتها ضئيلة في الحصول على تمويل من خلال القنوات المعتادة. شَكَّل المشروع تحديًا للقوانين التنظيمية الصارمة التي تتسم بها جامعات عديدة حديثة، حيث جمع بين أعضاء من أقسام مختلفة، وحثَّهم على العمل معًا في مشروعات مشتركة. ودافع براون عن الفكرة حينها، قائلًا إنها ستسمح لأعضاء هيئة التدريس بتناول مسائل علمية ومجتمعية أكبر من تلك التي يتناولونها عادة.

وأضاف: «إن المشكلات التي نواجهها اليوم، والتي تستحق فعلًا أن نعمل عليها، معقَّدة وتتطلب معدات وأدوات فكرية رفيعة المستوى، ولا يجدي معها النهج المحدود. والهيكل التقليدي لأقسام الجامعات والكليات لا يساعد على العمل التعاوني ذي التخصصات المتداخلة».

كان ذلك مثالًا مبكرًا للدفع باتجاه البحوث ذات التخصصات المتداخلة التي تجتاح الجامعات الآن حول العالم. وعلى الرغم من أن براون لم يتصدر الأمر وحده حينها، حيث تم تأسيس معهد سانتا متداخل التخصصات في نيو مكسيكو في الوقت نفسه تقريبًا، إلا أنه كان من أوائل داعمي فكرة تَخَطِّي الحدود قبل انتشارها، لكن اقتراحه واجه مقاومة شديدة؛ فقد خشي رؤساء الأقسام من أن ينتزع منهم أعضاء هيئة التدريس مع المنح الخاصة بهم، كما سخر بعض الزملاء من فكرته بخلق مساحات مفتوحة في المكاتب؛ لتعزيز التفاعل بين طلاب الدراسات العليا.. فلا شك أن الضجة ستجعل إنجاز أي عمل جاد أمرًا مستحيلًا. ومن ثم، كانت الوصمة؛ فوَبَّخَهم عالم فيزياء بارز بقوله: «إن البحوث ذات التخصصات المتداخلة هي ذريعة مَن لا يملكون الكفاءة الكافية للنجاح في مجالاتهم الخاصة».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أما بيكمان فقد أُعجب بالفكرة، وقدَّم المبلغ المطلوب بالكامل – الذي كان حينها يُعد أكبر تبرع خاص على الإطلاق يُقَدَّم إلى إحدى الجامعات الحكومية في الولايات المتحدة. ومن ثم، وبعد عدة سنوات مضنية، أُنشئ معهد بيكمان للعلوم والتكنولوجيا المتقدمة على مساحة 29,000 متر مربع.

كافح المعهد لتوظيف مدير كفء يكون على استعداد لخوض تجربة النموذج الجديد، حتى تولّى براون القيادة. وسرعان ما تدفقت مِنَح ضخمة من جهات مختلفة، مثل وزارة الدفاع، والمؤسسة الوطنية للعلوم، لتُسكِت العديد من الألسنة المنتقِدة. وعندما غادر براون المعهد في عام 1993، كانت جامعات رائدة أخرى ترسل وفودًا إليه؛ لتتعلم من النموذج الجديد. كما حقق باحثو المعهد ـ الذي يضم الآن أكثر من مئتي عضو منتسب بهيئة التدريس ـ إنجازات مثيرة، من ضمنها المساعدة في ابتكار واحد من أولى متصفحات الويب البيانية.

ومنذ أن تأسس معهد «بيكمان»، انتشر نموذج التخصصات المتداخلة حول العالم، معاكسًا للاتجاه السائد نحو التخصصية، الذي هيمن على مجالات العلوم منذ الحرب العالمية الثانية. وانتشرت المعاهد المتكاملة في الولايات المتحدة، وأوروبا، واليابان، والصين، وأستراليا، إلى جانب مناطق أخرى، حيث يسعى الباحثون فيها من أجل حلّ المشكلات المعقدة، كمشكلات تغيّر المناخ، والاستدامة، والصحة العامة. ويمكن رؤية هذا التغيير في الاتجاه بوضوح في بيانات النشر، حيث يُنسب أكثر من ثلث المراجع المذكورة في البحوث المنشورة الآن إلى تخصصات أخرى. وحسب قول شارون ديري، المختصة في علم النفس التربوي في جامعة كارولينا الشمالية في تشابل هيل، والتي تدْرُس التخصصية المتداخلة: «إن مشكلات العالم لا تقع ضمن تخصص واحد.. علينا أن نجمع ذوي المهارات والخبرات المختلفة معًا.. فلا أحد يملك كل ما هو مطلوب للتعامل مع القضايا التي نواجهها».

ورغم ذلك.. يقول مؤيدو هذا النهج إن انتشاره كان بطيئًا، ومن يجتازون حدود التخصصات الأكاديمية مازالوا يواجهون تحديات كبيرة عند تقديم طلبات للحصول على المنح، أو طلب للترقيات، أو تقديم أوراق البحوث للدوريات ذات معامل التأثير العالي. وفي كثير من الحالات، كما يقول العلماء، يكون الأمر مجرد علامة تدل على مواكبتهم للعصر؛ كما يقول ديفيد وود، مهندس الطب الحيوي بجامعة مينيسوتا في مينيابوليس: «هناك تحفيز كبير لإطلاق تلك الصفة على عملك.. لكن ما زالت هناك مقاومة للقيام بعمل علميّ حقيقي متداخل التخصصات».

تخصصات منفصلة

إن فكرة تقسيم مجال البحث الأكاديمي لفئات منفصلة تعود إلى أيام أفلاطون وأرسطو.. لكن بحلول القرن السادس عشر، كان فرانسيس بيكون وغيره من الفلاسفة ينعون فكرة تجزئة المعرفة تلك.

يتضمن النمو السريع للعلوم مشكلة واحدة، وهي أن هناك كمًّا هائلًا من المعلومات المنتشرة عبر التخصصات المختلفة، بما يتجاوز قدرة أي شخص على امتلاكها وحده. ومثال على ذلك، كما يشير مؤرخ العلوم بيتر فاينجارت من جامعة بيليفيلد في ألمانيا، كتاب كارل لينيوس التصنيفي «*Systema Naturae*»، الذي تَضَخَّم ما بين طبعته الأولى في عام 1735 والأخيرة في عام 1768، من 10 صفحات فقط إلى أن بلغ 2,300 صفحة، مغطيًا 7,000 صنف من الكائنات.

بعد أن بدأت حدود التخصصات في الجامعات الحديثة في الترسّخ في القرن التاسع عشر، ازدادت التخصصات عددًا وقوّة بعد الحرب العالمية الثانية، مع دعم الدول لأبحاثها، خاصة الولايات المتحدة. فحسب قول فنسنت لاريفيير، المتخصص في علم المعلومات في جامعة مونتريال في كندا: «كانت تلك هي اللحظة التي تزايدت فيها أعداد الجامعات بقوة تصاعدية.. كما ازداد حجم كل جامعة بإنشاء المزيد من الأقسام».

لعبت التوترات بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي دورًا أيضًا، حسب قول فاينجارت. فبينما تَباهَى شعب الاتحاد السوفيتي ببرنامجه البحثي الموجّه نحو حل المشكلات المجتمعية، كتحسين الزراعة؛ لتعزيز الأمن الغذائي، على سبيل المثال، صرح الرئيس الأمريكي دوايت أيزنهاور بضرورة إطلاق العنان لبحوث العلوم الأساسية، وفقًا لما قاله في كلمته في عام 1959: «في مجال الاستكشاف الفكري، يمكن ممارسة الحرية الحقيقية، بل ويجب فعل ذلك». وعلى الرغم من أن بحوث العلوم الأساسية لا تحتاج بالضرورة إلى التخصص، إلا أنها لا يمارَس عليها الضغط نحو التخصصية المتداخلة بالقدر نفسه الذي يمارَس على البحوث التطبيقية.

ومن ثم، تكاثرت التخصصات بتقسيم كل واحدة إلى فروع أكثر وأكثر؛ فقُسِّم علم الأحياء إلى علم النبات وعلم الحيوان، ثم إلى علم الأحياء التطوري، وعلم الأحياء الجزيئي، والأحياء المجهرية، والكيمياء الحيوية، والفيزياء الحيوية، والهندسة الحيوية، وما هو أكثر من ذلك. ففي أواخر العام الماضي، حين أحصى جيري جاكوبس ـ عالم الاجتماع في جامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا ـ عدد الأقسام ذات الصلة بعلم الأحياء في جامعة ولاية متشيجان في لانسينج الشرقية؛ وجد ما يقرب من 40 قسمًا.

«علينا أن نجمع ذوي المهارات والخبرات المختلفة معًا.. فلا أحد يملك كل ما هو مطلوب».

من هذا الزخم، ظهر مصطلح «التخصصات المتداخلة»، الذي يرجع أول اقتباس له في قاموس أكسفورد للغة الإنجليزية إلى شهر ديسمبر من عام 1937، في إحدى دوريات علم الاجتماع، لكن حتى حينها، اعتقد البعض أن هناك مبالغة في استخدام المصطلح. وفي تقرير موجّه إلى مجلس بحوث العلوم الاجتماعية في الولايات المتحدة في أغسطس من ذلك العام، عمد عالِم اجتماع من جامعة شيكاغو في ولاية إيلينوي إلى ضم هذا المصطلح إلى غيره من «العبارات والشعارات البراقة التي لم تُدرّس بالقدر الكافي»، (R. Frank *Items* **40**, 73–78; 1988).

وفي السبعينات، بدأت الحركة الأكاديمية لتداخل التخصصات، ثم استمر النهج في النمو منذ ذلك الحين، حسب قول لاريفيير، الذي يُرجِع الفضل في ذلك الارتفاع بشكل جزئي إلى المكتبات التي أخذت في الاشتراك، وتجميع الأعداد؛ لتحسين وصول الباحثين إلى دوريات خاصة بمجالات أخرى؛ فأصبح مثلًا بوسع فيزيائي الجزيئات الوصول إلى دوريات علم الأحياء بسهولة أكبر. وإضافة إلى ذلك.. بدأ يتحول تركيز الولايات المتحدة من البحوث الأساسية والحرية العلمية إلى المشكلات المجتمعية، كحماية البيئة مثلًا، التي نادرًا ما يمكن معالجتها من خلال تخصص واحد بعينه.

لم تكن الولايات المتحدة وحدها في هذا الأمر.. ففي عام 1994، كان من بين توقعات كتاب «الإنتاج الجديد للمعرفة»، الذي (نشرته دار سيج للنشر) ـ والذي رعاه جزئيًّا المجلس السويدي لتخطيط وتنسيق البحوث ـ مستقبلًا متداخل التخصصات بشكل متزايد، مع سعي العلوم إلى حل المشكلات المجتمعية. وكان لهذا الكتاب تأثير، حسب قول لاريفيير، خاصة في إطار برنامج التمويل الخامس للاتحاد الأوروبي، الذي استمر من عام 1998 حتى عام 2002، كما أكّد على البحوث متداخلة التخصصات، والموجَّهة نحو حل المشكلات المختلفة.

وبعد فترة وجيزة، بدأت المعاهد ذات التخصصات المتداخلة في الانتشار حول العالم، وكان لكل منها بنية وهدف فريدان من نوعهما. وركّز أول تلك المعاهد ـ وهو معهد «سانتا في»، الذي تأسس في عام 1984 ـ على تطبيق الرياضيات المتقدمة والمهارات الحاسوبية



التخصصات المتداخلة
عـدد خــاص من دوريـــة Nature
nature.com/inter

على مجموعة من التخصصات. أما المعاهد الأخرى، مثل معهد «ديفيد إتش كوخ» المختص بأبحاث السرطان التكاملية في كمبريدج، والتابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، أو مجمع «جانيليا» الجامعي لبحوث العلوم العصبية في أشبورن بفيرجينيا، فكانت تتناول المسائل التي تدخل في إطار تخصص معين، إلا أنها كانت تستعين ببعض الأعمال من مجالات أخرى. كما ركز البعض الآخر ـ مثل معهد موناش للاستدامة في كلايتون بأستراليا ـ على مشكلات بعينها.

«هناك ضغط مستمر عليَّ لتشكيل تحالف عابر للكليات والمؤسسات.. فإذا كنتُ أرغب في تشييد مبنى جديد، أرى أنه كلما ازداد عدد الحلفاء لديَّ؛ أصبح جمع المال أسهل».

وحتى مع اكتساب الأمر زخمًا كبيرًا، ظل باحثو التخصصات المتداخلة يواجهون العقبات نفسها التي واجهها براون. ففي عام 1998، ساعد الكيميائي ريتشارد زير من جامعة ستانفورد في كاليفورنيا في إطلاق معهد «بايو-إكس» Bio-X ذي التخصصات المتداخلة؛ إلا أن أحد زملائه المؤثرين حثّه على عدم نقل مختبره إلى مبنى المعهد، وهو ما كان سيأخذ ريتشارد زير بشكل أساسي بعيدًا عن قسم الكيمياء، ولجنته، وواجباته التعليمية هناك، مؤديًا إلى إضعاف القسم، حسب رأي زميله.

وعلى الرغم من رسوخ مكانته، إلا إن ريتشارد كان يخشى معارضة المؤسسة، حيث قال: «كان الأمر شديد الجدية»، وأشار إلى أن الخطر كان أكبر على الأساتذة الشبان الذين يسعون إلى التثبيت الوظيفي.

وفي عام 2004، واستجابةً للاهتمام المتزايد بالعمل متداخل التخصصات - والتحديات التي تواجه مجرِّبيه - أصدرت الأكاديميات الوطنية الأمريكية تقريرًا بعنوان «تسهيل أبحاث التخصصات المتداخلة»؛ نصح مؤلفوه المعاهد بأن تخفِّض الحواجز من خلال زيادة مرونة ميزانياتها على سبيل المثال، بحيث يمكن تقاسم التكاليف بين الأقسام.

جذب المنشور جمهورًا ضخمًا؛ إذ تم تحميله أكثر من 7,600 مرة، كما كان له تأثير خارج حدود الولايات المتحدة. ففي جامعة دورهام في المملكة المتحدة، حسب قول الفيزيائي توم مكليش، رجع الإداريون إلى التقرير عندما كانوا يشكِّلون سلسلة من المراكز متداخلة التخصصات في الجامعة. في ذلك الوقت، كان مكليش يساند نائب مستشار البحوث، ورأى في تداخل التخصصات وسيلة لجعل الجامعة الصغيرة تتألق عالميًّا، ما أدخله في صراع مع رؤساء الأقسام الذين كانوا يخشون أن تنقص المراكز الجديدة من ميزانياتهم. ومن ثم، عمل على تأسيس نظام للترقيات يكافئ الباحثين في مِنَح الفرق الكبيرة بطريقة مِنَح الباحث المفرد. والآن، توجد بالفعل في الجامعة مراكز متداخلة التخصصات، تتمحور حول موضوعات تتراوح بين المرونة البيئية والنفسية، وبين تاريخ العلوم في العصور الوسطى.

في آسيا أيضًا يميل الاتجاه نحو النهج الجديد. ففي عام 2000، وضعت مؤسسة العلوم الطبيعية الوطنية الصينية (NSFC) خطة للبحوث ذات التخصصات المتداخلة، كما أطلقت الجامعات عديدًا من المراكز المتكاملة على مدار العقد الماضي، من ضمنها أكاديمية الدراسات المتقدمة متداخلة التخصصات في جامعة بكين في بكين. وتخطِّط مؤسسة العلوم الطبيعية الوطنية الصينية لإطلاق مزيد من المشروعات متداخلة التخصصات في السنوات المقبلة، حسب قول يونجي زينج، نائب المدير العام لمكتب سياسات العلوم التابع للمؤسسة. ويضيف: «لا تزال الصين دولة نامية. لذا.. تستطيع الجامعات والمعاهد أن تسارع في إعداد مراكز جديدة، تعكس الاتجاه الجديد نحو البحوث ذات التخصصات المتداخلة».

وفي عام 2012، أسَّست جامعة نانيانج للتكنولوجيا في سنغافورة برنامج الدراسات العليا متداخلة التخصصات، الذي يضم فعليًّا 335 طالبًا من أصل 2,000 طالب دراسات عليا، ويُعتبر الأول من نوعه في آسيا. يعود الهدف من تصميم هذا البرنامج ـ جزئيًّا ـ إلى توسيع الخيارات المتاحة لتمويل الجامعة، وفقًا لقول بو ليدبيرج، عميد البرنامج؛ الذي يبرر الأمر بقوله إن البرنامج يمكن أن يشجع مزيدًا من التعاون مع قطاع الأعمال، نظرًا إلى أن الصناعة غالبًا ما تركِّز على مشكلات العالم الحقيقية العابرة لحدود التخصصات.

إنّ التركيز على التخصصية المتداخلة باعتبارها مصدرًا للإيرادات أمر شائع، حسب قول ميرلين كروسلي، عالم الأحياء الجزيئية، وعميد كلية علوم الحياة في جامعة نيو ساوث ويلز في سيدني بأستراليا. ويتابع قائلًا: «هناك ضغط مستمر عليَّ لتشكيل تحالف عابر للكليات والمؤسسات.. فإذا كنت أرغب في تشييد مبنى جديد، أرى أنه كلما ازداد عدد الحلفاء لديَّ؛ أصبح جمع المال أسهل». فعلى سبيل المثال.. شهدت جامعة ولاية أريزونا في تيمبي ارتفاعًا في تمويلها الفيدرالي بمعدل 162% بين عامي 2003 و2013، مع طرحها للتخصصية المتداخلة عبر جميع أقسامها الجامعية (انظر: *Nature* **514**, 292–294; 2014).

على الرغم من هذا الضغط، لا يزال انتشار الفكرة ضعيفًا جدًّا؛ فمقابل كل جامعة، مثل نانيانج، أو دورهام، لا تزال هناك مئات من الجامعات لم تُجْرِ تغييرًا جذريًّا. ولا تزال الحواجز بين الأقسام موجودة ـ وبقوة ـ في معظم المعاهد، كما تقول نانسي أندريزن، المتخصصة في علم الأعصاب في جامعة أيوا في مدينة أيوا، التي شاركت في رئاسة اللجنة التي صاغت تقرير الأكاديميات الوطنية منذ أكثر من قرن مضى. وتضيف: «كانت تلك خيبة أمل كبيرة».

العمل الجماعي

بالنسبة إلى المؤسسات والبرامج التي تبنَّت التخصصية المتداخلة، لم يكن التحول دائمًا سهلًا.. فبحسب قول لورا ميجر ـ مستشارة مستقرة بالقرب من سانت أندروز في المملكة المتحدة، وتدرِّب الفرق متداخلة التخصصات ـ كان الخطأ الأكثر شيوعًا هو إساءة تقدير عمق الالتزام والعلاقات الشخصية اللازمة لمشروع ناجح متداخل التخصصات. وتتابع: «تقابِل أفرادًا يعتقدون أن الأمر لا يتعدى ضم مجموعة من السير الذاتية في نهاية الطلب المقدم.. هم لا يدركون أن بناء علاقة شخصية يتطلب بعض الوقت».

حين يأتي الدفع نحو العمل التعاوني من الجهات العليا، يمكن أن يشتت الانتباه عن العلاقات الشخصية، ما يترك المشروع عرضة للمعاناة، كما تقول ميجر. لذلك.. فإن مركز أبحاث الطاقة في المملكة المتحدة (UKERC)، الواقع في لندن، الذي عمل على تنسيق وتنفيذ أبحاث الطاقة المستدامة منذ عام 2004، قد تعلّم كيف يمكن أن تكون العلاقات متداخلة التخصصات حساسة، حسب قول مارك ونسكل، عالم الاجتماع والسياسة في جامعة إدنبرة، الذي قام بتقييم المركز في عقده الأول. مضت السنوات الخمس الأولى (المرحلة الأولى من التقييم) على ما يرام، كما يقول، وتوّجت أعمالها بنشر تقارير «الطاقة في عام 2050» *Energy 2050*، التي جمعت نتائج المؤسسة، وترجمتها إلى توصيات، لكن السنوات الخمس التالية (المرحلة الثانية) فشلت في تحقيق إنجاز مماثل.

مع استطلاع وينسكل لآراء الأعضاء، وجد أن التغيرات التي أُجريت في هيكل المركز ليُفتح لنطاق مجتمعي أوسع ـ عن طريق تقديم عدة منح جديدة في منتصف الخمس سنوات الثانية، على سبيل المثال ـ قد أضرت ببعض العلاقات الراسخة طويلة الأمد. «أصبحنا مجتمعًا من العلماء

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

والتخصصات المتنوعة بالفعل.. لكن ذلك يعني أيضًا أنك تصبح أقل اندماجًا مع مَن حولك». وبالفعل، استفاد المركز من التجربة؛ فالمرحلة الثالثة التي بدأت في شهر مايو من عام 2014 تهدف إلى توفير مزيد من الاستقرار؛ لإثراء العلاقات التعاونية.

وكثيرًا ما يواجه علماء الاجتماع تحديدًا مشكلة عدم الاندماج تلك، وفقًا لقول توماس هيبيرلين، المتخصص في علم النفس الاجتماعي في جامعة ويسكونسن-ماديسون. فحين يركّز المموِّلون على الآثار المجتمعية للأعمال التي يدعمونها، كثيرًا ما يُدعى علماء الاجتماع لتقييم الآثار الأوسع نطاقًا للمشروع، لكن كما يقول هيبيرلين: «من الواضح ـ بل والمهين ـ أن طلب أحد علماء الاجتماع الانضمام إلى مشروع ما يكون طلبًا صوريًّا، دون التزام حقيقي بإدماج التخصص في المشروع».

صراع مجتمعي

وجدت دراسات عديدة أُجريت في المملكة المتحدة أن علماء الاجتماع أقلّ رغبة من باحثي التخصصات الأخرى في المشاركة في المشروعات متداخلة التخصصات. فبالنسبة إلى هيبيرلين، الذي طالما تعاون مع علماء البيئة، كانت إحدى العقبات التي واجهته ما يسميه «هيمنة العلوم الطبيعية»؛ إذ تحتل تلك التخصصات مكانة أعلى من المجالات الأكثر نوعية، كالعلوم الاجتماعية، كما يعتبرها الممولون والباحثون تخصصات أكثر صرامة، كما يقول. ويؤدي هذا الخلل إلى الشعور بالإحباط، كما يدمر عملية التعاون. يقول هيبيرلين، الذي تخصص في إجراء استطلاعات الرأي العام، إنه كثيرًا ما يقترح علماء الطبيعة بسذاجة أن يصمموا وينفذوا الاستطلاعات بأنفسهم، باستخدام إحدى أدوات الإنترنت، مثل «SurveyMonkey»، وهو ما يعارضه بقوله: «من الصعب حقًّا أن تقوم بما نقوم به.. فمقاييسنا معقدة».

ومع جَمْع أنواع مختلفة من الباحثين، يمكنك أن تصادف عدم احترام في نَواحٍ عديدة. يقول وود إنّ المهندسين الحيويين يتم تحذيرهم دائمًا من مراجعة المنحِ التي يطلبونها من قِبَل هيئات تضم علماء أحياء، قد يكونون من المعارضين لأهداف ومقاييس بحوث الهندسة الحيوية، إلا أنه عمل أيضًا ضمن لجان مراجعة توقَّف فيها المهندسون عند حدود البحوث الإكلينيكية.

ومع ازدياد عدد الباحثين المشاركين في الأعمال متداخلة التخصصات، بدأت حدّة الشكوك المتبادلة بالتراخي، كما بدأت بعض علامات النجاح المتعلقة بالتمويل في الظهور على الساحة. فمثلًا، تقول المؤسسات الوطنية الأمريكية للصحة (NIH) إن التطبيقات متداخلة التخصصات تعادِل ـ أو تفوق قليلًا ـ التطبيقات الأكثر تقليدية؛ إلا أن المجلس الأوروبي للبحوث قد لاحظ أن طلبات المنح الخاصة بالمشروعات متداخلة التخصصات في المتوسط لا تعطي الأهمية نفسها في لجان المراجعة، كالمشروعات الأضيق نطاقًا.

وأجواء النشر أيضًا مختلطة.. فلطالما اشتكى باحثو التخصصات المتداخلة من صعوبة الوصول بأبحاثهم إلى الدوريات المتخصصة رفيعة المستوى. وفي هذا الصدد، يقول هيبيرلين إن ظهور الدوريات العلمية متداخلة التخصصات قد ساعد في مجاله، برغم أنه يساوره الشك حيال مستوى بعض الأبحاث التي تُنشر بها؛ كما يتساءل عن الحكمة في تدريب طلاب الدراسات العليا على تخصصات مختلفة، قبل أن يكونوا قد تمرّسوا جيدًا في صعوبات مجال واحد.. ويقول: «عليك أن تنمِّي مهارات تخصصك أولًا.. السيئ في الأمر هو أن نوعية هذه الأبحاث المتخصصة سيئة جدًّا، وربما تزداد سوءًا».

ينظر الكثيرون إلى دفع المعاهد نحو التخصصية المتداخلة باعتبارها تجربة في طور التنفيذ. فكما يقول سكوت فريكل، عالم اجتماع في جامعة براون في بروفيدنس بولاية رود آيلاند: «بدأت الاحتفالات، لكن البيانات الفعلية عن نوعية الاختلاف الذي يُحْدِثه الأمر غير متوفرة». ومع تَبَنِّي المزيد من المعاهد لطرق جديدة لتنظيم البحوث، يحاول البعض أيضًا إعادة النظر في عمليات التقييم الخاصة بهم، حسب قول مكليش. وفي شهر يوليو الماضي قامت فيرونيكا سترانج - بالتعاون مع زملائها في دورهام ـ بالإضافة إلى مكليش تقريرًا بعنوان «تقييم البحوث متداخلة التخصصات»، وفوجئ عندما توافدت المجتمعات الأكاديمية والممولون لمعرفة المزيد. ويقول: «لم نكن نتوقع أن نُطْلِق هذا التقرير في محيط يريد جميع مَن فيه معرفة الأمر».

تختلف وتيرة التغيير حول العالم؛ ففي الولايات المتحدة، وضعت المؤسسات الوطنية للصحة برنامجًا لتحفيز البحوث متداخلة التخصصات من عام 2004، حتى عام 2012؛ ما أدَّى إلى بعض التغييرات، مثل بدء الاعتراف بفكرة وجود عدة باحثين رئيسين في مشروع واحد، بعد أن كانت المِنَح تُقَدَّم لباحث واحد فقط، وهو التحول الذي أزاح عائقًا من سبل التعاون. ومنذ ذلك الحين، لم تجد الوكالة حاجة إلى متابعة وضع أي حوافز أخرى، مع ملاحظة أن هناك أكثر من 4,000 مشروع بحثي يعمل بتمويل من المؤسسات الوطنية للصحة، تصنِّف نفسها باعتبارها مشروعات متداخلة التخصصات. تقول بيتسي وايلدر، وهي رئيسة مكتب التنسيق الاستراتيجي في المؤسسات الوطنية للصحة: «لدينا شعور عام بأن البحوث متداخلة التخصصات قد أصبحت النهج الطبيعي في الأبحاث العلمية. لقد استولت فعلًا على تمويل مؤسسات الصحة الوطنية».

أما في بعض البلدان الأخرى، فقد بدأت التجربة لتَوِّها. فالكيميائي أيّابانيلاي أجاياجوش، مدير المعهد الوطني للعلوم والتكنولوجيا متداخلة التخصصات في ثيروفاناناثابورام بالهند، يقول إن الزخم يتعاظم في بلاده للترويج لمزيد من المشروعات متداخلة التخصصات. وفي اليابان، أحد أسباب مغادرة عالم الفيزياء النظرية تيتسو هاتسودا لجامعة طوكيو، أنه شعر أن الحدود بين التخصصات كانت تُفرض بصرامة عالية هناك. وفي عام 2013، انضم إلى معهد «رايكن» RIKEN للأبحاث في واكو في اليابان، وأنشأ فريقًا متداخل التخصصات، يضمّ علماء متخصصين في الفيزياء النظرية، والكيمياء والأحياء لتنفيذ التقنيات التي ستعمل على تسريع المجالات الثلاثة، آملًا في أن يحفز الجهد المبذول المزيد من الأعمال متداخلة التخصصات في البلاد. ويقول: «تتخلف اليابان قليلًا عن البلدان الأخرى.. فالعلم النظري هنا هو نقطة انطلاق جيدة، لأن التفاعل معه سهل بالنسبة لنا».

> **«تقابِل أفرادًا يعتقدون أن الأمر لا يتعدى ضم مجموعة من السِّيَر الذاتية في نهاية الطلب المقدَّم. إنهم لا يدركون أن بناء علاقة شخصية يتطلب بعض الوقت».**

وبعد نحو 25 عامًا من افتتاح معهد بيكمان، تكلّلت تجربة البحوث متداخلة التخصصات فيه بالنجاح، كما يقول براون. وعلى الرغم من احتدام التنافس على التمويلات مع تأسيس مزيد من الجامعات للفرق ذات التخصصات المتداخلة، يستمر المركز في جذب أعضاء متميزين إلى هيئة التدريس، بالإضافة إلى منح للفِرَق الكبيرة، فقد حصل خلال العام الماضي على عقد بحثي وصلت قيمته إلى 12.7 مليون دولار أمريكي، من برنامج مشروعات بحوث الذكاء المتقدمة، التابع للحكومة الفيدرالية.

والآن، كلما يشار إلى الجهود العالمية للدفع نحو التخصصية المتداخلة، باعتبارها مجرد بدعة؛ يغضب براون بشدة قائلًا: «الجواب هو (لا) بكل تأكيد. لقد تغيرت الأمور، فالناس يركّزون الآن على المشكلات الكبيرة، وإذا كنتَ تعتزم الاتجاه نحو مشكلة كبيرة، فستحتاج إلى أنْ تعمل بالنهج الجديد». ■

هايدي ليدفورد تكتب لصالح دورية *Nature* من بوسطن، ماساتشوستس.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



البحث عن الأمريكيين الأوائل

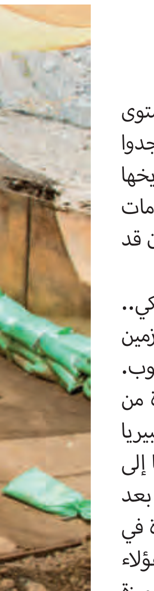
يتنقل علم الآثار تحت الماء وعلى امتداد ضفاف الأنهار، للبحث عن آثار لمستوطني العالم الجديد.

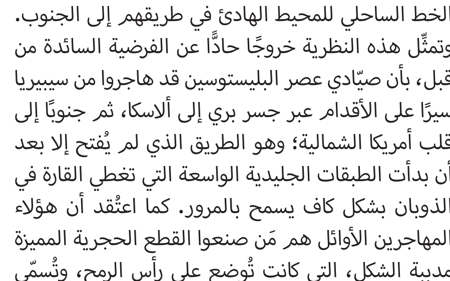
إيما ماريس

في السابع عشر من سبتمبر الماضي، انطلقت باخرة الأبحاث «شير ووتر *Shearwater*» في جولة بحرية، كان مقررًا لها أن تستمر لمدة أسبوع في المحيط الهادئ، عائدةً إلى عصر البليستوسين. ومن خلال معدات السونار المحمّلة بها، عملَت على سبر قاع المحيط؛ للبحث عن الأماكن التي كانت شواطئ وأراض يابسة في الماضي ـ قبل أكثر من 13,000 سنة ـ حين كان مستوى سطح البحر أكثر انخفاضًا بنحو 100 متر، وذلك في إطار سعي الباحثين وراء دليل على أن البشر القدماء سكنوا على طول هذا الساحل ـ الغارق الآن ـ في بدايات استيطانهم العالم الجديد.

في الوقت نفسه، ينقّب علماء آثار آخرون في منطقة المدّ في جزيرة نائية خارج حدود

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية





ظهر دليل وجود الأمريكيين القدماء على جزيرة كالفيرت في كندا.

مقاطعة كولومبيا البريطانية في كندا، حيث تغيَّر بالكاد مستوى سطح البحر منذ أن بدأ انحسار جليد العصر الجليدي. وجدوا هناك في أواخر العام الماضي آثار أقدام وأداة يرجع تاريخها إلى 13,200 سنة مضت، وهي تعد من أقدم العلامات البشرية في القارة. ولا بدّ لصاحبها، أيًّا مَن كان، أن يكون قد وصل إلى الجزيرة عن طريق البحر.

مرحبًا بكم إذًا في أحدث صيحات علم الآثار الأمريكي.. فقد أتى سكان الأمريكتين الأوائل عن طريق البحر، ملازمين الخط الساحلي للمحيط الهادئ في طريقهم إلى الجنوب. وتمثِّل هذه النظرية خروجًا حادًّا عن الفرضية السائدة من قبل، بأن صيّادي عصر البليستوسين قد هاجروا من سيبيريا سيرًا على الأقدام عبر جسر بري إلى ألاسكا، ثم جنوبًا إلى قلب أمريكا الشمالية؛ وهو الطريق الذي لم يُفتح إلا بعد أن بدأت الطبقات الجليدية الواسعة التي تغطي القارة في الذوبان بشكل كاف يسمح بالمرور. كما اعتُقد أن هؤلاء المهاجرين الأوائل هم مَن صنعوا القطع الحجرية المميزة مدببة الشكل، التي كانت تُوضع على رأس الرمح، وتُسمّى «رؤوس كلوفيس»، والتي ظهرت في مناطق داخلية في أمريكا الشمالية قبل حوالي 13,000 سنة.

لطالما وُجدت أدلة على أن آخرين قد وصلوا إلى العالم الجديد قبل ذلك بأكثر من 1,000 سنة على الأقل، لكن علماء الآثار لم يتمكنوا من جمع ما يكفي منها؛ للتخلي عن نظرية وجود حضارة كلوفيس أولًا، إلا بحلول العقد الماضي فقط (انظر: *Nature* **485**, 30–32; 2012). وبعض أقدم المواقع البشرية في الأمريكتين يرجع تاريخها إلى ما قبل فتح الممر الجليدي بكثير، الأمر الذي يدفع الباحثين إلى ضرورة دراسة فكرة أن مستعمري العالم الجديد قد طافوا حول الخط الساحلي بالقوارب جنوبًا من الصفائح الجليدية، مقتاتين على الموارد البحرية الغنية في الشريط الساحلي الخالي من الجليد.

إن البحث عن هؤلاء المستوطنين الأوائل لن يكون سهلًا، فالكثرة الغالبة من الأدلة التي يسعى علماء الآثار وراءها إما توجد في أعماق البحار، أو تحطمت منذ زمن بفعل أمواج المحيط الهادئ الخرافية، إلا أن الزخم يتصاعد للعثور عليها. يقول كوينتين ماكي، عالم الآثار في جامعة فيكتوريا في كندا: «كل ما في الأمر أن الناس أصبحوا أكثر تفاؤلًا». أمّا أماندا إيفانز، عالمة الآثار البحرية في شركة «تِسْلا أوف شُور» Tesla Offshore لمسح المحيطات في بريريفيل بلويزيانا، فتقول إن علم آثار أعماق البحار المتعلق بفترة ما قبل التاريخ يمر ـ بشكل عام ـ بمنعطف حاد. وتتابع بقولها: «يبدو أن هذا العام هو العام الذي ستُكَلَّل فيه كل الجهود الضخمة المبذولة من الجميع بالنجاح».

أدوات العمل

يبحث لورين ديفيس، عالم الآثار في جامعة ولاية أوريجون في كورفاليس، عن البحارة القدامى في موقع غير عادي في ولاية إيداهو، يُدعى «كوبرز فيري» Cooper's Ferry، يقع على ضفة نهر سالمون، على بعد مئات الكيلومترات من الساحل. وفي إحدى أيام شهر أغسطس الماضي، وقف ديفيس في موقع الحفر، يفحص قطعة من الحجر، جَلَبَها له أحد افراد فريقه الميداني. أخذ يقلّبها بين يديه؛ ليستشف ما إذا كانت من صنع بشر، أم أنها في الأغلب من صانعي الأدوات الأوائل، حيث كانت قشور الحجارة تُنثر على الأرض أثناء عملهم.



يبحث علماء الآثار عن آثار للسكان الأوائل بالقرب من ضفة نهر في كوبرز فيري بولاية إيداهو.

وعلى الرغم من أن موقع «كوبرز فيري» يقع في عمق اليابسة، يشير ديفيس إلى أنه يمثل جزءًا من قصة الساحل. فإن نهر سالمون هو أحد روافد نهر كولومبيا العظيم، وهو أول ممر مائي كبير يواجهه مَن تحرّكوا جنوبًا من ألواح الثلج أثناء العصر الجليدي الأخير، حين كانت الوديان الأبعد في الشمال مغطاة بالأنهار الجليدية. وحيث إنّ البشر متأقْلِمون للمرور عبر الماء، يقول ديفيس إن «نهر كولومبيا هو أول مخرج إلى جنوب الجليد».

بعد النظر في الحَجَر، يعيده ثانيةً إلى زميله قائلًا: «أعتقد أنها مجرد قشور»، حيث تمتلئ حجيرات الآثار الخاصة به، التي نظمها فريقه على هيئة سلسلة من الحفر، بمثل تلك القشور، بالإضافة إلى رؤوس الحِراب المدببة المصقولة غربية المنشأ، التي يعود تاريخها إلى 13,200 سنة مضت[1]. إن حجم رؤوس الحِراب تلك صغير، كما أنها تشبه أشجار عيد الميلاد، مقارنةً برؤوس حِراب كلوفيس الأكبر حجمًا، التي تأخذ شكل ألواح تزلج صغيرة. وتم العثور على رؤوس الحِراب ذات الشكل الغربي في جميع الأنحاء الغربية من الولايات المتحدة، وفي سيبيريا، في ارتباط يوحي بأنها جُلِبَت إلى العالَم الجديد مِن قِبَل الصيادين الأوائل.

> «قد يكون هذا هو أكبر جهد مبذول لتحديد المواقع الأثرية المغمورة بالماء على طول ساحل المحيط الهادئ».

يعمل فريق ديفيس على تحقيق هدفه بهدوء، وتمتلئ الأجواء بهدير حفّ المجارف للأرض، وصوت طائر النمنمة المميز. وبين حين وآخر، يخترق الهدوء صرخات المنقِّبين ومسجِّلي البيانات: «عظمة!»، أو «شق حجر!»، أو «ديب!»، (وهو اختصار لكلمة تشير إلى قشور حجرية). يسجل موقع كل قطعة بدقة، ثم توضع في كيس وتُحفظ في أحد الصناديق التي تُرَصّ في مقطورة قريبة. أما التواريخ الدقيقة، فتُحَدَّد فيما بعد في المختبر.

دائمًا ما يخيِّم على موقع الحفر شعورٌ بالترقُّب. فإذا اكتشف الفريق رؤوس حِراب قديمة غربية المنشأ، يعود تاريخها بالتأكيد إلى ما قبل عصر كلوفيس، فإن ذلك يشير بقوة إلى أن الأمريكيين الأوائل قد حملوا هذه القطع إلى هناك عن طريق البحر والنهر. «ستكتسب عقلية مقامِر»، حسب وصف ديفيس لعمله. كما تصيب عملية البحث أفراد الطاقم بالهَوَس؛ فهم يقضون أسابيع في المعسكر، ويمضون ساعات يوميًّا في الحَفْر. وتقول سارة سكينر، إحدى طالبات ولاية أوريجون، التي تشرف على الحفرة «ب»، إنها تستيقظ لتَجِد يَدَها قابضة على جرّافة خيالية، وتتابع.. «كلما أغمضتُ عيني، رأيت قطعًا أثرية».

البحث عن النقاط المفصليّة

إن آثار السكان الأوائل قد بدأت في الظهور أيضًا على طول الساحل، وخاصة في الأماكن القديمة التي لم تغطيها البحار الهائجة منذ نهاية العصر الجليدي الأخير. فالساحل الغربي في كندا ـ على سبيل المثال ـ كان مدفوعًا للأسفل بجليد عصر البليستوسين، ثم بدأ في الارتداد إلى أعلى بعد ذوبان الجليد. في بعض النقاط المفصلية، يكاد هذا الارتداد أن يساوي تمامًا ارتفاع مستويات البحر، ومن ثم يلغيها[2]. وجزيرة كالفيرت هي إحدى تلك النقاط، حيث عُثر بها على آثار قدم بشرية عمرها 13,200 سنة في أواخر العام الماضي، واكتُشفت واحدة أخرى في هذا الصيف. كما يعتزم داريل فيدجي، ودنكان ماكلارين ـ عالما آثار في جامعة فيكتوريا في كولومبيا البريطانية ـ مواصلة العمل في الموقع؛ للبحث عن آثارٍ للأمريكيين الأوائل (انظر: «مرحبًا بكم في أمريكا»).

تدعم هذا العمل مؤسسة «هاكاي» في جزيرة كالفيرت، التي أسسها رجل الأعمال الكندي إريك بيترسين، حيث يقول:



مرحبًا بكم في أمريكا

لم يَكن للبشر أن يتمكنوا من الوصول إلى قلب أمريكا الشمالية، إلا بعد فتح ممر بين صفائح الجليد القارّية: أي قبل 14,000 سنة على أقصى تقدير، وليس أقرب من 12,500 سنة مضت، لكن تاريخ عدد من المواقع الأثرية الخاصة بالعالم الجديد يعود إلى ما قبل ذلك (وهي الموضحة بالنقاط الصفراء). لذا.. يحاول الباحثون استكشاف ما إذا كان البشر قد استعمروا الأمريكتين بواسطة قوارب، أم لا.

«باعتباري من الجيل الرابع لسكان كولومبيا البريطانية.. أجدني مهتمًّا بشدة بالتاريخ الغني لساكني خطّنا الساحلي، الذي ندرك الآن أنه يعود إلى تاريخ سحيق موغل في القِدَم. فإلى أي مدى يبتعد؟ 13,000 سنة مثلًا؟ أم 15,000 سنة؟ هذا ما نريد اكتشافه».

يعتقد ماكي أن جزيرة كالفيرت والنقاط المفصلية المماثلة ستعطي نتائج أسرع بكثير من العمل تحت الماء، الذي يشكل تحديًا تقنيًّا، كما أنه عمل مكلف. «إن مجرد وقوفك على قاربك قد يكلفك مئات الدولارات»، حسب قوله.

وبرغم ذلك.. يتفق هو وغيره على أن المواقع الموجودة تحت الماء قد تحمل إمكانات هائلة، وأن الوقت قد حان لعلماء آثار عصور ما قبل التاريخ الأمريكي لاستكشاف المحيط الهادئ، فقد كان هناك عدد من المشروعات على مرّ السنين. في أواخر التسعينات، قام ماكي وفيدجي برسم بعض الخرائط لقاع البحر حول جزيرة هايدا جواي، الواقعة قبالة ساحل كولومبيا البريطانية[3]. أخذا عيِّنات من رواسب قاع البحر، ورفعوا أداة حجرية مغطاة بالبرنقيل، يعتقدان أن تاريخها يرجع إلى 10,000 سنة مضت، عندما كان قاع البحر الذي وجدوها عليه أرضًا يابسة. وفي الآونة الأخيرة، استخدم الثنائي مركبة استكشاف تحت مائية، ذاتية التشغيل، ووجدوا فخًّا من الصخور ـ ظنوا في البداية أنه سياج سَمَك ـ يعود تاريخه إلى 13,800 سنة مضت.

من جانبه، قام عالِم الآثار جيمس ديكسون من جامعة نيو مكسيكو في ألبوكيرك بإجراء مسوح بحرية للأراضي المغمورة بالماء الآن، التي كانت تربط فيما مضى بين آسيا وأمريكا الشمالية. كما عمل جون إرلاندسون ـ عالِم الآثار في جامعة أوريجون في يوجين ـ لسنوات في جُزُر القنال، الواقعة قبالة كاليفورنيا الجنوبية، جامعًا الأدلة لإثبات نظريته بأن الناس اتبعوا الطريق المفروش بالأعشاب البحرية على طول الساحل، حيث تهيأ نظام بيئي مناسب يدعم توافر غذاء وفير من السمك والمحار والثدييات البحرية لهم.

هذا.. والدراسات البحرية المجراة حتى الآن تظل محدودة، ومعظم الاكتشافات لم تؤرَّخ بشكل موثوق فيه. يقول ديكسون: «هناك عدد قليل جدًّا منا، منتشرون على مساحات شاسعة جدًّا». فهناك تردد كبير في الانضمام إلى ـ أو تمويل ـ الأبحاث تحت المائية المكلِّفة، والخاضعة لمحض الصدفة. ويضيف: «بعد الذهاب إلى هناك، يمكنك أن تُصدَم بتقلبات الطقس المفاجئة». ويتابع بقوله: «إنه أمر شاق».

أما ماكي، فيشير إلى أن ذلك قد دفع العديد من الباحثين إلى إسقاط فرضية استيطان الساحل من قبل. ويقول: «اعتقد الناس أن كل المعلومات موجودة في الأعماق تحت الماء، ولن نعثر عليها مطلقًا». وبالفعل، لم يتم العثور على أي شيء أقدم من عصر كلوفيس حتى الآن على طول ساحل المحيط الهادئ، سواء في قاع البحر، أم على اليابسة.

بارقة اهتمام

لم يُبْرِز هذا المجال البحثي قائد لامع، أو اكتشاف مذهل، بل أبرزته البيروقراطية الحكومية. تم تشكيل مكتب إدارة طاقة المحيطات (BOEM) بالولايات المتحدة في عام 2010 لتنظيم تكوين الطاقة على الجرف القاري، مع الالتزام بقانون المحافظة على التراث التاريخي الوطني، الذي يتطلب التأكد من عدم تدمير المواقع الأثرية القيّمة عن طريق أي عمل يتطلب إذنًا حكوميًّا. ومع ازدياد الاهتمام بمشروعات الطاقة المتجددة في الخارج في السنوات الأخيرة، سارع المكتب بتحسين أساليب تحديد مواقع آثار ما قبل التاريخ.

في عام 2011، تولّى المكتب إجراء دراسة شاملة للمواقع الأثرية المحتملة في الجرف القاري الخارجي بالمحيط الهادئ، وعمل ديفيس وزميله عالم الآثار أليكس نيرس في ولاية أوريجون على تجهيز التقرير الخاص بالدراسة، باستخدام بيانات عمق المحيط المتوفرة، وتقديرات ارتفاع مستوى سطح البحر، من أجل فك رموز أماكن الخطوط الساحلية السابقة[4]، ثم عمدا إلى وضع نماذج للأماكن التي ربما تجتمع فيها مواقع آثار ما قبل التاريخ، المفترَض أن تقع على المنحدرات المعتدلة المواجِهة للجنوب (الأكثر دفئًا)، وبالقرب من البحيرات والأنهار والخلجان والجزر، التي تغمرها المياه الآن.

صدر هذا التقرير في عام 2013، وأدَّى مباشرة إلى الحصول على منحة بقيمة 600,000 دولار أمريكي من مكتب إدارة طاقة المحيطات؛ للبحث عن أدلة على التنبؤات المتعلقة ببيئات ما قبل التاريخ. وفي سلسلة من الرحلات البحرية قبالة كاليفورنيا وأوريجون على مدى السنوات الثلاث المقبلة، سوف يستخدم الباحثون مجموعة متنوعة من أدوات السونار؛ لمسح قاع المحيط، والرواسب الموجودة تحته. فإذا تمكنوا من تحديد مصبّ أو شاطئ أو ملامح أخرى من الخط الساحلي القديم، فسوف يأخذون عيِّنات أساسية من طبقات مختلفة من الرواسب، وبالتالي يحددون عمرها باستخدام الكربون المشع، لتأكيد هذا الاكتشاف.

يحاول الباحث الرئيس تود براجي، أخصائي علم الإنسان في جامعة ولاية سان دييجو بكاليفورنيا، توسيع المشروع من خلال تشجيع الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي، والمموِّلين المحتملين الآخرين؛ لإضافة المزيد من الرحلات البحرية، لكن حتى بحجمها الحالي، يقول: «قد يكون هذا هو أكبر جهد مبذول لتحديد المواقع الأثرية المغمورة بالماء على طول ساحل المحيط الهادئ».

قد يكون الاستثمار كبيرًا، إلا أن براجي يحاول أن يُبْقِي التوقّعات متواضعة. وهو يصرّ على أن الهدف الأساسي هو تعلُّم كيفية التعرّف على البيئات التي خيَّم فيها البشر، أو استوطنوها حتى 20,000 سنة مضت؛ ولا يتوقع الفريق أن يعثر على بقايا أيٍّ من المستوطنات، وخاصةً تلك الأقدم من مستوطنات كلوفيس. «فكرة أننا قد نجد موقعًا عمره 15,000 عام تحت الماء هي ـ في الغالب ـ غير واقعية في المستقبل القريب، فإذا ما وصلنا إلى أولئك المهاجرين الأوائل، تجدهم قد تركوا بصمات أثرية صغيرة جدًّا»، حسب قول براجي.

سيُبنى المشروع على نموذج ديفيس للبيئات المغمورة بالماء، باستخدام الحفر والتصوير؛ لاختبار ما إذا كانت توقعاته ستقودهم حقًّا إلى المواقع الصحيحة، أم لا. كما سينضم ديفيس إلى رحلات أوريجون البحرية في العام المقبل، باعتباره باحثًا رئيسًا مشاركًا.

في الوقت نفسه، يقوم ديفيس بالحفر في ولاية إيداهو، حيث اقترب موسم العمل الميداني من نهايته، مما يدفعه إلى تحفيز طاقمه بالرشاوى الغذائية؛ للعمل في أيام عطلاتهم؛ لإنهاء أكبر قدر ممكن. إنّ الموقع زاخر بالنشاط وبالأدوات التي يستخدمها الفريق، من مجارف، وفُرَش، وكاشطات، وملاعق، وغيرها.

وبالنظر إلى كل صعوبات هذا العمل، يؤكد أولئك المشاركون في بحث فرضية الهجرة عن طريق المحيط أن التوقعات يجب أن تظل متواضعة لسنوات عديدة، بينما يحسن الباحثون من أساليب البحث. فحتى وإن كانت النظرية صحيحة، قد يظل العثور على أول دليل أكيد أقدم من عصر كلوفيس على الساحل ـ الذي سيؤكد النظرية التي يبدو أن الجميع يأمل فيها ـ بعيد المنال. يقول إرلندسون: «قد تتحقق الأمر خلال هذا الصيف، أو الصيف المقبل، أو ربما بعد عشر سنوات»، أو قد يحدث في التو واللحظة في حفرة «كوبرز فيري» شديدة الحرارة، مع ضربة المِجْرَفة القادمة. ■

إيما ماريس كاتبة مستقلة، تعيش في كلامات فولز، أوريجون.

1. Davis, L. G., Nyers, A. J. & Willis, S. C. *Am. Antiquity* **79,** 596–632 (2014).
2. McLaren, D. *et al. Quat. Sci. Rev.* **97,** 148–169 (2014).
3. Fedje, D. W. & Josenhans, H. *Geology* **28,** 99–102 (2000).
4. ICF International, Southeastern Archaeological Research & Davis Geoarchaeological Research. *Inventory and Analysis of Coastal and Submerged Archaeological Site Occurrence on the Pacific Outer Continental Shelf* (BOEM, 2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعليقات

MICHEL ABDUL-MASSIH & BEDRICH BENES/PURDUE UNIV.

يُظْهر تجسيد بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من مقاطعة ماريون في إنديانا بالولايات المتحدة الأمريكية أن المباني الكبيرة والطرق الرئيسة (المناطق الحمراء) تنتج انبعاثات أكثر من غيرها.

رَصْد تأثير انبعاثات المناطق الحضرية على المستوى البشري

يؤكد **كيفن روبرت جرني** وزملاؤه على احتياج المدن إلى فهم وإدارة بصمتها الكربونية على مستوى الشوارع، والمباني، والمجتمعات.

تُعِدّ المدن العُدَّة لمواجهة التغيُّر المناخي في ظل التقدم البسيط الذي أحرزته مفاوضات المعاهدة الدولية، حيث تمتلك مدينة لوس أنجيليس في كاليفورنيا ـ البالغ عدد سكانها 4 ملايين نسمة ـ واحدًا من أكثر الأهداف الطموحة، التي تتمثل في جعل انبعاثات الغازات الدفيئة أقل بنسبة 35% من مستوياتها في عام 1990 بحلول عام 2030. وقد حسبت مُدُنها نسبة «البصمة» الكربونية فيها؛ فتبيَّن أن السيارات على الطرق تشكل نسبة 47% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، بينما يشكل استهلاك الكهرباء 32%[1]، فكيف ينبغي لمدينة لوس أنجيليس أن تحقق سياساتها المستهدفة؟

إنّ معرفة الطرق المحددة، وأنواع المركبات، أو أجزاء المدينة التي تهيمن على انبعاثات الطريق، وكذلك تحرِّي الأسباب التي تدفع الناس إلى القيادة في أوقات معينة، تؤدي إلى إفادة مخطِّطي المدن؛ لمعرفة أين وكيف يستطيعون تخفيض الانبعاثات بكفاءة؛ فيمكن مواءمة التحسينات فيما يتعلق بالازدحام المروري، ونوعية الهواء، وظروف المشاة، والتلوث الضوضائي. أمّا أنْ نعمد إلى رصد الانبعاثات في شارع تلو الآخر، وفي مبنى تلو الآخر، فذلك أمر يفوق قدرة معظم المدن.

ولحُسن الحظ.. يجمع العلماء البيانات التي يحتاجها مديرو المدينة، وهذا في الدراسات التي تطابق بين مصادر غاز ثاني أكسيد الكربون، وغاز الميثان، والتركيزات ◄

في الغلاف الجوي. والآن، يتوجب على المجتمع البحثي أن يترجم هذه المعلومات إلى صيغة معينة، يتمكن مديرو المدن من استخدامها. ولا بد من دمج بيانات الانبعاثات مع المعلومات الاجتماعية الاقتصادية، مثل الدخل، والملكية، أو عادات السفر، ثم وضْعها في أدوات برمجية، تمكِّن من الاستعلام عن خيارات السياسات، وحساب التكاليف والفوائد. ويتوجب على العلماء مساعدة المجالس البلدية في التوعية عن قوة البيانات التفصيلية للانبعاثات، وتأثيرها على الصياغة الصحيحة لسياسات المناخ والتنمية.

النقاط الساخنة للكربون

تتسبب المدن في ما يزيد على نسبة 70% من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، الناتج عن الوقود الأحفوري حول العالم، الذي يمثل العامل المحرِّك الأساسي لتغيُّر المناخ. وإذا تم اعتبار الخمسين مدينة ذات نسبة الانبعاثات الأعلى دولة واحدة، فإن تلك «الدولة» ستُصَنَّف في المرتبة الثالثة في الانبعاثات بعد الصين، والولايات المتحدة الامريكية[2]. وبحلول عام 2030، سوف تتضاعف المناطق الحضرية على مستوى العالم بثلاثة أضعاف. (مرجع 3).

يندرج الكثير من هذه الأراضي الباعثة لثاني أكسيد الكربون تحت سيطرة رؤساء البلديات، ومخططي المدن، والشركات والجماعات المحلية المسؤولة عن صحة السكان ورفاهيتهم. وقد قام المسح الذي أُجري في عام 2014 بتصنيف 228 مدينة عالمية ـ يبلغ عدد سكانها ما يقارب نصف مليار نسمة ـ من المتعهدين بعمل تخفيضات في الانبعاثات، تعادل 454 ميجا طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنويًّا بحلول عام 2020 (انظر: go.nature.com/inaxr4). فعلى سبيل المثال.. تسعى ولاية شينتشين في الصين إلى طرح 35 ألف سيارة كهربائية في الشارع قبل نهاية عام 2015. كما تسعى مدينة ميونخ الألمانية لإنتاج ما يكفي من الكهرباء الخضراء بحلول عام 2025؛ لتلبية جميع متطلبات الطاقة لديها.

مع ذلك.. تفيد هذه التعهدات في تخفيض الانبعاثات بحوالي 3% فقط من الانبعاثات العالمية الحضرية، وبأقل من 1% من إجمالي الانبعاثات العالمية المتوقعة لعام 2020 (مرجع 4). وتهيمن المدن الثرية على هذه التعهدات، ومع ذلك.. تمر البلدان متوسطة الدخل ومنخفضة الدخل بأكبر مرحلة من النمو الحضري.

يتطلَّب خفض الانبعاثات وضع خريطة بمقاييس أدق للمكان والزمان، بحيث تعكس الأبعاد الإنسانية التي تتسبب في انبعاث الكربون.. في المساكن الخاصة، والسيارات، والحدائق، والمصانع، ومحطات الكهرباء، حيث يجب رصدها سنويًّا على أقل تقدير. وتُعتبر هذه التقديرات الدقيقة ضرورية لعدة أسباب، منها: التحقق من معدلات الانبعاثات، والتأكيد على التقدم في اتجاه خفض دعم تجارة الكربون والتصاريح أو الضرائب المتعلقة بها[5]، ولتمكين تنفيذ القرارات الأكفأ من حيث الأهداف، والأمور المالية في خيارات التخفيض[6]، وفي تحديد وإصلاح الانبعاثات غير المقصودة، الناتجة ـ على سبيل المثال ـ من تسريب أنابيب الغاز، أو المعدات التالفة الخاصة بامتصاص غاز الميثان في مدافن النفايات.

تسعى المدن فعليًّا إلى تحسين نوعية الهواء والتنمية الإقليمية، وتخطيط النقل، والتخلص من النفايات على نطاق المنزل، أو الطريق. ومن الممكن تحسين هذه الجهود بإضافة سياسات تخفيض الكربون إليها. فعلى سبيل المثال.. يفيد الحَدّ من الازدحام المروري في تخفيض تلوث الهواء والحوادث المرورية، وتحسين الانتقالات من مكان إلى آخر. وبهذا.. فإن تلبية الاحتياجات العاجلة للسكان تزيد من القبول العام للفكرة.

المشكلات

على الرغم من أن وسائل حساب الانبعاثات على النطاق المجتمعي قد صمَّمتها منظمات غير ربحية، مثل مجلس الأعمال العالمي للتنمية المستدامة، ومعهد الموارد العالمية (انظر: go.nature.com/q7wje)، إلا أن غالبية المدن تفتقر إلى وجود مصادر بيانات مستقلة، أو شاملة، أو قابلة للمقارنة. كما أن الخبرة والكادر اللازم لتأسيس هذه المعلومات هما أمران مكلّفان. وتُعتبر شفافية البيانات والطرق المطبَّقة أمرًا محوريًّا؛ لتمكين الأطراف الثالثة من المراجعة والاعتماد، وكذلك لبناء الثقة.

بدأ العلماء في مواجهة هذه التحديات في السنوات الخمس الماضية، حيث تم دمج التقديرات التصاعدية لانبعاثات الكربون من تقارير الوقود، وبيانات حركة المرور، ومعلومات البناء، والنشاط البشري، مع القياسات التنازلية في الغلاف الجوي لغاز ثاني أكسيد الكربون، وغاز الميثان، وغاز $^{14}CO_2$، وهو نظير غاز ثاني أكسيد الكربون، الذي يعكس مقدار احتراق الوقود[7]. وقد بدأت هذه الجهود في أواخر عام 2000 في باريس والمدن الأمريكية، مثل إنديانا بوليس، وبوسطن، وسولت ليك سيتي، ولوس أنجيليس. كما تم إعداد المزيد من الخطط لمدينة ساو باولو في البرازيل، وللمدن في أستراليا، والصين، والمملكة المتحدة، وكندا. وتكلِّف هذه الدراسات ملايين الدولارات، حيث تشمل ما لا يقل عن عشرة مواقع للرصد، وتحليل بيانات الاستشعار عن بُعْد، وجهود تصميم النماذج. والآن، بات الكثير من مجموعات البيانات هذه متاحًا.

«يُعتبَر قياس ورصْد وتصميم نماذج انبعاثات الكربون في المناطق الحضرية ضرورة عالمية».

يتم تطوير عناصر الربط بين أجهزة الاستشعار عن بُعْد، سواء منها الأرضية، أم الفضائية. فعلى سبيل المثال.. أظهر القمر الصناعي لرصد الغازات الدفيئة في اليابان (GOSAT) أن قياسات غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الفضاء[8] يمكنها أن تحدِّد «قباب» الغاز القابعة فوق المدن. وستتابع «ناسا» هذا العمل عن طريق المرصد المداري للكربون (OCO-2)، الذي أُطلق في يوليو من عام 2014.

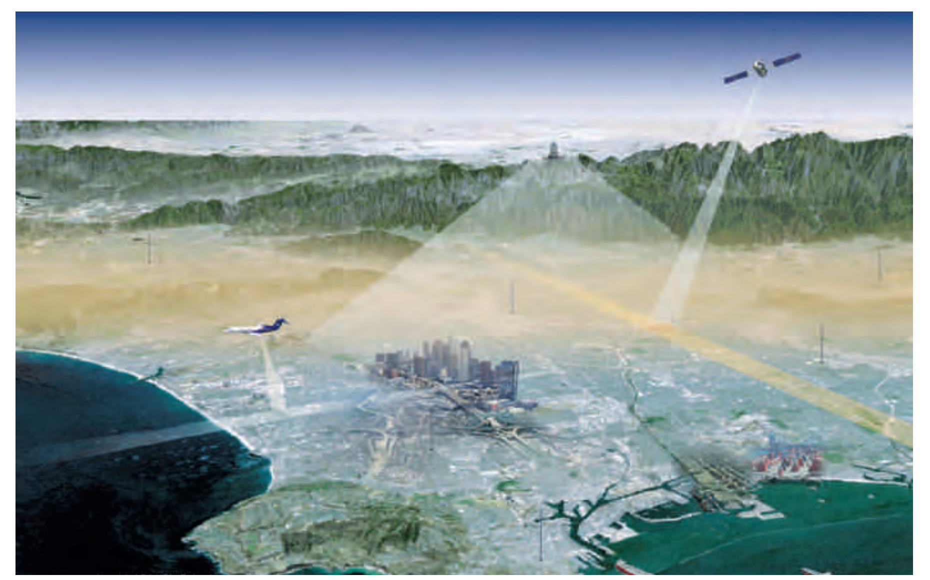
يُتوقع أن تمتلك بعثات الفضاء المستقبلية (مثل مرصد OCO-3، المقرر إطلاقه في عام 2018) خاصية «نمط المدينة»، التي من شأنها رصد المناطق الحضرية ومحطات توليد الكهرباء شهريًّا. ومن المفترض أن توفر مهمة مرصد سنتينل (Sentinel-5) ـ الذي ستطلقه وكالة الفضاء الأوروبية في عام 2016 ـ قياسات شبه عالمية للانبعاثات الكبيرة للميثان في مستوى المناطق الحضرية كل بضعة أيام أو أسابيع. ويستمر العمل أيضًا لتوصيف البنية التحتية في صور عالية الدقة، وكذلك بالاستعانة بالمعلومات الأرضية، مثل بيانات حركة المرور من الهواتف المحمولة، التي يمكنها ـ على سبيل المثال ـ أن تحدد أنواع البناء، أو المواقع التي تطلق انبعاثات حضرية غير مناسبة، والسبب الذي أدَّى إلى ذلك.

ما زلنا نحتاج إلى معرفة الكثير لمواءمة العلم مع واضعي السياسات والخطط. فعلى سبيل المثال.. ما هو المستوى الأكثر فائدة من التفاصيل والدقة؟ وكم هو عدد محطات الرصد الجوي الكافية لمعايرة أو إنجاز عمليات جرد الانبعاثات؟ وكيف سيتناسب هذا مع حجم المدينة، أو أنواع الانبعاثات (مثلًا: انبعاثات الطريق مقابل انبعاثات العوادم الصناعية)؟

تُعتبر نظم المعلومات الموجودة مرهقة، فعلى الرغم من أنها جيدة في قياس الانبعاثات، إلا أنها غير قادرة على تفسير جذور وضوابط انبعاثات الكربون. ويحتاج الباحثون إلى فهم العلاقات بين انبعاثات الكربون في المناطق الحضرية، وبين المعايير الاجتماعية، والتكنولوجيا، والاقتصاد، والقيود المؤسسية التي تُطلِق الانبعاثات. وتتجلى أهمية ذلك في البلدان منخفضة الدخل ومتوسطة الدخل تحديدًا.

التعاون الدولي

هناك حاجة ماسة إلى خلق مزيد من التعاون بين التخصصات. فعلى سبيل المثال.. قام المهندسون بتصميم نماذج لكيفية تغيُّر الانبعاثات عندما يتم تنفيذ أنظمة النقل، أو استراتيجيات التطوير الحضرية



NASA/JPL-CALTECH

سيعمل مشروع الكربون في المدن الكبرى في لوس أنجيليس على قياس مستويات الكربون في المناطق الحضرية من الأرض والسماء.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المدمجة، ولكن نادرًا ما يتم تصميم نماذج تتضمن التغيرات التكنولوجية، وتغيرات البنية التحتية في الأنظمة الاجتماعية البيئية[9]، حيث يدرس علماء الاجتماع العلاقات بين الثروة والتعداد السكاني، وانبعاثات الكربون[10]، ولكن لم تكن هذه الدراسة في إطار واقعي هندسي محدد اقتصاديًّا.

تتطلب ترجمة علم الكربون في المناطق الحضرية إلى حلول عملية خطوتين رئيستين: أولًا، يجب أن تصبح «عملية تشغيلية»، فكما هو الحال في محطات الأرصاد الجوية والبيانات والتنبؤ، يُعتبر قياس ورصد وتصميم نماذج انبعاثات الكربون في المناطق الحضرية ضرورة عالمية، من الأفضل أن يتم إنجازها بشكل مجمَّع. وهذا يتطلب تمويلًا مشتركًا ودعمًا مؤسسيًّا على المدى الطويل، يتجاوز دورة المنح التقليدية للأبحاث، التي تمتد لثلاث سنوات فحسب.

ثانيًا، من الضروري وجود مركز حكومي مستقل (مع مراعاة التمثيل الاقليمي)، وذلك لضمان توحيد المقاييس والأولويات. ويمكن أن تشترك الحكومات والمؤسسات والهيئات الحكومية الدولية في تمويله، حيث إن «مركز حلول انبعاثات الكربون في المناطق الحضرية» ـ مثل المذكور ـ يجب عليه الوصول إلى نتائج عملية، وأدوات وخيارات لتخفيض الكربون، وهذا بالتعاون مع فئات المجتمع المحلي، وكادر البلدية، وموردِّي الطاقة. كما يمكن أن تدفع المدن لمركز الحلول، مقابل تزويدها بالمعلومات المفيدة خصيصًا لما يتناسب مع موقعها. كما أن بعض الأعمال يمكن أن يقوم بها القطاع الخاص. ومن خلال المعرفة التفصيلية لانبعاثات الكربون، يمكن أن تنجح المدن في الحدّ من الانبعاثات العالمية التي فشلت الدول في التعامل معها. ■

كيفن روبرت جرني أستاذ مساعد في كلية علوم الحياة، والمعهد العالمي للاستدامة، في جامعة ولاية أريزونا في مدينة تمب بولاية أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية.
باقي أعضاء الفريق: **باتي روميرو لانكاو**، و**كارين سيتو**، و**لوسي هوتيرا**، و**رايلي دورين**، و**كريستوفر كينيدي**، و**نانسي جريم**، و**جيم إليرينجر**، و**بيتر ماركوتوليو**، و**سارة هيوز**، و**ستيفاني بينستيل**، و**ميخائيل تشيستر**، و**دانيال رنفولا**، و**يوهانس فيدما**، و**جوشوا سبيرلنج**.
البريد الإلكتروني: kevin.gurney@asu.edu

1. City of Los Angeles. *ClimateLA: Municipal Program Implementing the GreenLA Climate Action Plan* (City of Los Angeles, 2008).
2. World Bank. *Cities and Climate Change: An Urgent Agenda* (Int. Bank for Reconstr. and Dev. & World Bank, 2010).
3. Seto, K. C., Güneralp, B. & Hutyra, L. R. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109,** 16083–16088 (2012).
4. Erickson, P. & Tempest, K. *Advancing Climate Ambition: How City-Scale Actions Can Contribute to Global Climate Goals* (Stockholm Environ. Inst., 2014).
5. McKain, K. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109,** 8423–8428 (2012).
6. Gurney, K. R. *Eos* **94,** 199–200 (2013).
7. Hutyra, L. R. *et al. Earth's Future* **2,** 473–495 (2014).
8. Kort, E. A., Frankenberg, C., Miller, C. E. & Oda, T. *Geophys. Res. Lett.* **39,** L17806 (2012).
9. Chester, M. V. *et al. Earth's Future* **2,** 533–547 (2014).
10. Marcotullio, P. J. *et al. Earth's Future* **2,** 496–514 (2014).

للاطلاع على المزيد من منشورات الكاتب المتعلقة بهذا الموضوع يمكنكم زيارة الرابط التالي: go.nature.com/vpqnfb .



إن إعداد مُدُننا لتصمد أمام التغير المناخي الذي نشهده يحتاج إلى تضافر جهود كثيرين من المشتغلين في تخصصات متعددة.

كيف نحفِّز التعاون

تحثّ **ريبيكا براون**، و**آنا ديليتيك**، و**توني وونج** على ضرورة تحويل الغَزَل المكثف بين العلوم الاجتماعية والفيزيائية الحيوية إلى مشاركات مثمرة باستخدام تلك المبادئ الخمسة.

تُعتبر الدَّفْعَة المُلِحَّة لرأب الصدع بين العلوم الفيزيائية الحيوية والعلوم الاجتماعية أمرًا حيويًّا. فهذا هو السبيل الوحيد لقيادة تنمية مستدامة عالمية، تحقِّق الاندماج الاجتماعي، والاستدامة البيئية، والرخاء الاقتصادي[1]. وتُعَدّ الاستدامة هي المشكلة الكلاسيكية «الذميمة»[2]، التي تتسم بأن متطلباتها لم تحظ بالتحديد الوصفي المناسب، كما أن حدودها غير واضحة، وكذلك قضاياها متداخلة ومتنازعة، بحيث لا يمكن لوكالة واحدة أو تخصص واحد أن يتناولها[3].

لذلك.. من المهم أن نفهم سبب إخفاق العديد من المحاولات التي تمت بحسن نيّة، بغرض التعاون بين التخصصات المختلفة في تحقيق نتائج ملموسة، بينما نجحت محاولات أخرى. ونقدم هنا جوابًا شخصيًّا، لا نندم عليه، حيث وصلنا إليه بعد التفكير في كيفية تكويننا لفريق من الخبراء في تخصصات متعددة ـ بالعمل مع أعضاء هيئة تدريس متعددين بجامعة موناش في ملبورن في أستراليا ـ بحيث يوفِّر إدارة مياه مستدامة ومتكاملة في أرجاء مدن متعددة. وفي الوقت الحالي، قمنا بتوسعة هذا الفريق متعدد التخصصات، ليدمج في أوساطه مؤسسات أخرى على المستويين المحليّ والعالمي. وفي الوقت ذاته، نُقِرّ أن ثمة زيادة جوهرية في التكلفة صحبت البحث متداخل التخصصات، حيث استغرق الأمر وقتًا وجهدًا مضاعفين لإنجاح الأمر.



الرحلة الشخصية

بدأت رحلتنا في مستهل القرن الواحد والعشرين بمجموعتي نمو كانتا تعملان على أبحاث في مجال المياه في المناطق الحضرية، إحداهما في كلية الهندسة، وركّزت على التقنيات المستدامة لمياه الأمطار، والأخرى في كلية الآداب، وركّزت على إدارة المياه الحضرية (انظر المعلومات التكميلية: go.nature.com/pjgbmn). وكان لكلا فريقي البحث أجندة تأثير مشتركة، وقد ازداد تعاوننا، انطلاقًا من إدراكنا بأن استخدام أسلوب تداخل التخصصات قد يكون أكثر فاعلية. وفي عام 2005، انضم الفريقان، وتَمَكَّنا من ضمان تمويل، لإنشاء الكيان الذي يحمل اسم «منشأة تطوير الترشيح الحيوي للمياه»[4]، مقداره 4.5 مليون دولار أسترالي (3.1 مليون دولار أمريكي)، حيث يجمع هذا الكيان ما يزيد على 20 باحثًا وطالب دكتوراة من جامعة موناش، من كليات الهندسة المدنية، وعلوم البيئة، وعلوم الاجتماع. وبحلول عام 2012، أثمر التعاون عن الحصول على جائزة قدرها 120 مليون دولار أسترالي، مقدَّمة من برنامج المراكز البحثية التعاونية (CRC) للمدن التي تُحْسِن استغلال المياه، حيث تشترك فيه أكثر من ◀

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

◂ 85 منظمة، من بينها 13 مؤسسة بحثية، وحوالي 230 باحثًا وطالب دكتوراة في أكثر من 20 تخصصًا أساسيًّا وتخصصًا فرعيًّا في مجالات العلوم الاجتماعية، والفيزيائية الحيوية، والعلوم الإنسانية.

على مدار العقد المنصرم، أدَّى تعاوننا إلى تحقيق فارق عملي متزايد على أرض الواقع. فقد أنتجنا وثائق المعلومات المجمَّعة (انظر ـ على سبيل المثال ـ المرجع 5)، التي تحتوي على معلومات تقنية؛ وتمكِّن من تقديم الاستشارات بشأن السياسات، وقد كُتبت هذه الوثائق بطريقة يسهل فهمها، بحيث يصبح من السهل التفاعل معها واستيعابها. وتُستخدم تلك الوثائق بكثافة في وثائق السياسة والاستراتيجيات، مما عَجَّل بِتَبَنِّي بَحْثنا. فعلى سبيل المثال.. تستند اللوائح التي صدرت في ولاية فيكتوريا في عام 2006 بخصوص مياه الأمطار إلى بحثنا، كما قامت ولايات أخرى وحكومات محلية في أستراليا بِتَبَنِّي أهداف الأداء التي أوصينا بها لإدارة تصريف مياه الأمطار في الحضر. ونتيجة لذلك.. تم تَبَنِّي التقنية الخاصة بنا بصورة متزايدة، وهي تقنية الترشيح الحيوي لمياه الأمطار في المدن، وهذا في جميع أنحاء أستراليا[6]، وسنغافورة، والصين، وإسرائيل. ومنذ عام 2010، تَستخدِم الحكومات (مثل حكومات أستراليا، وسنغافورة، والصين) إطار العمل الموسع الذي وضعناه؛ لتحقيق إدارة متكاملة على مستوى المدن لدورة المياه[7,8]، وكذلك تستخدمه منظمات دولية (مثل بنك التنمية الآسيوي)؛ ليقود خُطَط التخطيط الاستراتيجي، والاستثمار لديها.

كان لزامًا علينا في هذه الأثناء أن نعالج التوتر الموجود، الذي يعوق التعاون المثمر. فالعلوم الفيزيائية الحيوية تميل إلى التعامل مع نظريات تحظى باتفاق عام؛ في حين تنفق العلوم الاجتماعية وقتًا أكثر وهي تطرح أسئلة نظرية تعترض عليها في الغالب. وتوجد في جوهر كلا المجالين سيطرة ومقارنة ذاتيّتان، بيد أن الباحثين في الفيزياء الحيوية يقومون في الأساس بأبحاث كمية (غالبًا في ظروف معمل تخضع لتحكُّم جيد، وقابلة للتكرار)، بينما العلوم الاجتماعية تَستخدِم أساليب نوعية أو كمية، كما أنها تستخدم أساليب مفسِّرة عند إثبات أمر ما.

وقد شهدنا باحثين في الفيزياء الحيوية يتهمون العلماء المختصين في العلوم الاجتماعية بعدم الدقة، وبإنفاق وقت أكثر من اللازم في تحويل المشكلات إلى مفاهيم نظرية، دون استكشاف الحلول وعرضها. وعلى النقيض، غالبًا ما كان العلماء المختصون في العلوم الاجتماعية مصابين بالإحباط من كون الباحثين في الفيزياء الحيوية يولون تركيزًا أكثر من اللازم على الحلول، وبذلك يتغاضون عن التداعيات الاجتماعية الأشمل، التي تنتج من حلولهم المقترحة.

وقد زاد من حدة هذا الشقاق التدرج الثقافي الموروث، الذي غالبًا ما يفضِّل العلوم الفيزيائية الحيوية على حساب العلوم الاجتماعية. وعادةً ما كانت تتم معالجة المشكلات البيئية من منظور فيزيائي حيوي، مما يعني أن العلماء المختصين في العلوم الاجتماعية ليسوا مشاركين بصورة فعالة في وضع حلول متكاملة[9].

المبادئ الخمسة

لم تكن الرحلة للجميع، وخسرنا أثناء المسيرة بعضًا من المواهب، ولكنّ كثيرين بقوا وأكملوا الرحلة معًا. فكيف ساعدنا الأكاديميين على تجاوز تلك التحيُّزات؟ لقد استخدمنا المبادئ الخمسة التالية:

صياغة مهمة مشتركة. كانت قيادة رحلتنا التعاونية تتمثل في المهمة المشتركة، التي هدفها الوصول إلى استراتيجيات لإدارة المياه، بحيث تعالج تحديات الفيضانات، والجفاف، وانحسار الممرات المائية. وتعزز هذه المنهجية إقامة مدن أكثر استدامة، ومرونة، وإنتاجية، وصلاحية للحياة، في سبيل الوصول إلى كوكب وسكان أصحاء. وقد قدمت المهمة المشتركة تقريرًا مقنعًا حول الهدف الإجمالي للتعاون، مع حساب الآثار الناتجة، باعتبارها نتيجة ضرورية. وكان التقرير رحبًا بما يكفي ليدمج الأدوار المهمة لكل الباحثين من التخصصات المختلفة المشاركين في المهمة.

كما حافظت هذه المهمة أيضًا على الشعور بوجود هدف في مواجهة حالات الفشل التي كانت تحدث من آن إلى آخر، وكذلك في مواجهة الاستثمار المستمر للوقت والجهد، بغرض احترام أعراف التخصصات الأخرى، ونظرياتها، وأساليبها. وعندما احتجنا إلى مدخلات بعض التخصصات، وأدخلنا ـ في عجالة ـ باحثين لم يكونوا مشاركين في المهمة نفسها، لم يكن هذا الأمر ناجحًا. وتَبِعَت ذلك مغادرة أولئك الباحثين للفريق؛ مما أضعف مجموعة المهارات الموجودة في المجموعة في البداية، ولكن كان ذلك الأمر بمثابة حافز للتوسع في مؤسسات متعددة.

تطوير مهارات احترافية للباحثين. من واقع خبرتنا، كانت أعلى فرص النجاح للتعاون بين التخصصات

لنجعله تيارًا أساسيًّا
طرق تعزيز البحث متداخل التخصصات

المموِّلون

- إدارة التمويل من منظور متداخل التخصصات أثناء تعزيز الأثر البحثي. ويتعين على الوكالات القائمة على تخصصات بعينها أن تشكل برامج تمويل مشتركة.
- ينبغي أن تشتمل اللجان على تمثيل متوازن للخبراء من العلوم الاجتماعية، والعلوم الفيزيائية الحيوية، مع تقدير قوي للتخصصات الأخرى. كما يُعَدّ من المفيد أيضًا تضمين مستخدمين نهائيين في اللجان (على سبيل المثال.. ممارسين، وصناع سياسات).
- ينبغي أن تطلب الدعوة إلى التمويل إيجاد توازن بين التخصصات، وأن تكون الأفضلية للفِرَق التي لديها سجل مبرهن من التعاون. وكذلك ينبغي اعتبار وجود أعمال منشورة لمقدمي الطلب في تخصصاتهم أمرًا أساسيًّا، كما يفضل وجود منشورات في تخصصات أخرى.

المؤسسات

- إدخال مؤشرات أداء رئيسة، تعزز من وجود باحثين من ذوي المهارات الاحترافية. فعلى سبيل المثال.. تضمين مقاييس نوعية؛ لقياس الآثار على السياسة والممارسة العملية، بالإضافة إلى المؤشرات والمقاييس الأكاديمية التقليدية.
- تحديد نقاط القوة البحثية الأكاديمية، التي تظهر فيها إمكانية التعاون متداخل التخصصات، وتحفيزه من خلال منح تمويل التأسيس.
- تقليل تكلفة التعاملات، من خلال عقد مدارس صيفية، لتطوير مهارات حوار بناءة، وتوفير مِنَصّات للمناقشة، مثل الندوات، وورشات العمل البحثية، ومسابقات المناظرات، بغرض مناقشة التحديات التي تواجه البحث متعدد التخصصات، وتوفير أفكار حول الأعراف والثقافات الخاصة بالتخصصات الأخرى، وتجميع الباحثين من تخصصات مختلفة ممن يعملون على التحديات الكبرى ذاتها.
- الاستثمار في مجموعات دراسات الدكتوراة متداخلة التخصصات، التي يشترك في الإشراف عليها أكاديميون من أقسام وكليات مختلفة.

الناشرون

- الاستثمار في إنشاء دوريات متداخلة التخصصات عالية الجودة، وإدارتها من جانب فِرَق، أو هيئات تحريرية من الباحثين ذوي المهارات الاحترافية.
- إدارة أعداد خاصة في دوريات عالية التأثير، تركز على البحث متداخل التخصصات.
- ينبغي على المراجعين من الأقران أن يقيِّموا العمل باستخدام خبرتهم، وفي الوقت ذاته يكون من مهمتهم أن يظلوا منفتحين على الابتكارات في مختلف التخصصات.

الباحثون

- التحلي بالصبر، وقوة التحمل، والوعي بالذات، لإدارة الرحلة الطويلة؛ لإنشاء فريق منتِج متعدد التخصصات.
- تقديم أفضل الأفكار لديك، حتى وإنْ لم تكن مكتملة، وأن تكون منفتحًا على المنظورات البديلة المقدَّمة من تخصصات مختلفة، ومن صناع السياسات، ومن العاملين في مجال الصناعة، ومن أعضاء المجتمع.
- ترتيب أولوياتك مبكرًا، وبناء علاقات مع المشتغلين في مجالات وأعمال أخرى.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المختلفة، عندما كان الباحثون من ذوي المهارات الاحترافية[10] قادرين على تعزيز تخصصهم، والنظر إلى ما هو أبعد منه. وتُعتبر السعة والعمق المعرفي أمرين أساسيين؛ فالعلماء أصحاب المهارات الاحترافية يبنون مصداقيتهم من خلال التطلع إلى تقديم أعلى الإسهامات العلمية في مجالهم، وهي نقطة ذات أهمية خاصة للباحثين في المراحل المهنية الأولى، الذين يتم البت في احتمال ترقيتهم، استنادًا إلى معايير التميز البحثي (انظر: المبدأ 5). كما يشارك الباحثون أصحاب المهارات الاحترافية مشاركة فعالة في التخصصات الأخرى (انظر: المبدأ 3)، بغرض فهْم أعرافهم، ونظرياتهم، وأساليبهم، وإنجازاتهم؛ وتقديرها.

يَعتقد كثير من الناس أن البحث متعدد التخصصات يؤخِّر التقدم الوظيفي، أو يُعَدّ رفاهية بالنسبة إلى الباحثين الرئيسين، ولكن تجربتنا لم تكن من هذا القبيل.. فقد كان العديد من باحثينا قادرين على الحفاظ على معدَّل نشر مرتفع في مجالهم الخاص، وضمنوا ـ باعتبارهم جزءًا من فريق ـ الحصول على تمويل للأبحاث متداخلة التخصصات. ومع ذلك.. استغرق الأمر ما يقرب من خمس سنوات لنشر البحث متداخل التخصصات، الذي أعددناه في دوريات عالية التأثير.

تغذية الحوار البَنّاء. على مدار عقد من المحاولة والخطأ، استثمرنا بقوة في خلق بيئة وقواعد غير رسمية، تمكِّن الباحثين في جميع العلوم من المشاركة بفاعلية، على الرغم من أساليبهم المختلفة تمامًا في تصميم الأبحاث والمنهجيات، وكذلك ثقافاتهم ومصطلحاتهم الفنية المختلفة في التواصل.

اشتمل هذا على بعض الالتزامات: التواصل باستخدام لغة إنجليزية بسيطة (مع استهجان استخدام اللغة الخاصة بتخصص بعينه)؛ وهذا بغرض إظهار الاحترام والتفهم تجاه أعراف التخصصات المختلفة، وكذلك للتفكير فيما يصلح للاستخدام في التفاعلات التعاونية. وقد صممنا بصورة منتظمة منتديات للتخصصات المتداخلة باستخدام تلك القواعد، وأدَّى هذا إلى المضي قدمًا في إعداد منشورات أساسية بصورة مشتركة. فعلى سبيل المثال.. كانت هناك مشارَكة فيما بيننا ـ من خلال ورشات العمل المشتركة بين التخصصات ـ في كتابة ثلاثة تقارير سنوية لصناع السياسات، والمشتغلين في مجال المياه[5]. وقد لاقت تلك الفعاليات رواجًا، لتصبح دورة سنوية قصيرة، يتهافت عليها الناس، ثم دورة ضخمة مجانية عبر الإنترنت، تظهر منهجيات التخصصات مختلفة في التعامل مع تحديات المياه في الحضر.

> « على الرغم من تجربتنا المثمرة، لا يزال البحث متداخل التخصصات هامشيًا».

إن الوصول إلى الحالة المثالية في التواصل البَنّاء بين العلوم المختلفة يستغرق وقتًا، ويتطلب ممارسة، كما أن الباحثين المستجدين في المجموعة ربما لا تتوفر لديهم المهارات اللازمة لذلك، وعادةً يمرون بثلاث مراحل من التطور (انظر: «الطريق إلى الاحتراف»). في بادئ الأمر، يميل المساهمون الجدد إلى الهيمنة على المناقشات، والتأكيد على صدارة تخصصهم، ثم لا يلبثوا أن يدركوا أهمية التخصصات الأخرى، ويتبنُّوا سلوكًا أكثر سلبية. وفي نهاية المطاف، يستقر الحال بالباحثين في مساحة من الحوار البَنّاء.

ونجد هنا أن بعضهم انسحب، في حين بقي البعض

الطريق إلى الاحتراف

يتأرجح الباحثون ممن يعملون حديثًا مع أشخاص من تخصصات أخرى بين تأكيد صدارة مجالهم الخاص، والتقهقر إلى الخلف. ومع الوقت، يمكن أن يصبحوا قادرين على اكتساب مهارات قوية (احترافية)، والمشاركة في حوار بنّاء وبيئة مشتركة.

السيطرة (مرتفعة)
الإنصات (منخفض)

السلوك

الحوار البنّاء

الزمن

السلبية (مرتفعة)
الإنصات (مرتفع)

تغذية المهارات الناشئة في بيئات تعلُّم آمنة، ومنتديات متداخلة التخصصات، وورشات عمل الإنتاج، ومجموعات الكتابة.

دعْم التعلم الديناميكي بقواعد غير رسمية، مثل الحديث بلغة بسيطة، والانفتاح الذهني، وتفهُّم مواقف الآخرين، واحترامهم.

طوَّر الباحثون أصحاب الخبرة مهارات العمل متعدد التخصصات، من خلال الاستمرار في مشاركات تهدف إلى تحقيق أهداف مشتركة.

SOURCE: R.R.B., A.D., T.H.F.W.

الآخر ليصبح مساهمًا ناضجًا قادرًا على الإسهام في جميع التخصصات الأكاديمية والشبكات الأوسع. ويتمثل دور المساهمين الأكثر خبرة في دعم الرحلات الشخصية للزملاء الجدد، من خلال تلك العلاقات الديناميكية.

منْح الدعم المؤسسي. تُعتبر المسارات المهنية الأكاديمية للبحث متداخل التخصصات أمرًا أساسيًّا، إذا كانت تنوي جذب أنبغ المهارات وأفضلها، والحفاظ عليها. فلطالما أشارت الإدارة العليا لجامعة مانوش أنها تحترم وتقدِّر البحث متداخل التخصصات، الذي يجذب مشاركة صناعية بارزة، ويترك أثرًا حقيقيًّا على أرض الواقع، على الرغم من وجود الهياكل التنظيمية والأعراف الأكاديمية العالمية التي تنحاز لصالح أساليب أكثر تقليدية، وتنحصر في تخصص واحد.

وقد أوصلت الجامعة هذه القيمة الثمينة إلى الباحثين من خلال سياساتها، ومعايير الترقية فيها، وبرامج التمويل التأسيسي. فعلى سبيل المثال.. قدَّمت كلية الهندسة معايير بحث نوعية (إلى جانب المقاييس النوعية التقليدية)، تحاول قياس أثر البحث على الممارسة الفعلية. وتوفر كليات الهندسة والآداب الآن مِنحًا تنافسية صغيرة للفِرَق من الكُلِّيَّتين، بغرض تحفيز التعاون.

وقد أسست جامعة موناش برنامج دكتوراة لمجموعات من الطلبة، تعمل على مجابهة تحدٍّ عالمي مشترك يواجه عددًا من التخصصات، منها الإدارة المستدامة للمياه في المناطق الحضرية في المدن النامية الآسيوية. وتعمل تلك المجموعات في بيئة يسودها الحوار البَنّاء.

رأب الصدع بين البحث، والسياسة، والممارسة.

وختامًا، ثبت أن إرساء نقاط تواصل بين الباحثين، وصناع السياسات، والعاملين في مجال الصناعة، يُعتبر أمرًا مهمًّا في تنمية تعاونا بين التخصصات المختلفة. ومن الجيد أن الصناعة نادرًا ما تتقيد في تفكيرها بصوامع التخصصات المنعزلة. فالمشتغلون بها يميلون إلى معالجة المشكلات المعقدة من منظورات متعددة، بحيث يمكنهم بذلك عمل نماذج متكاملة مركزة؛ للتفكير في الحلول.

ولضمان وجود أثر لذلك على أرض الواقع، أدرجنا شركاء من تخصُّصَي السياسة والصناعة في تصميم برنامجنا البحثي، وشجّعناهم على نقد منهجنا العلمي، وعرضنا النتائج. كما عقدنا فعاليات من آن إلى آخر، سمحت للمهنيين من السياسة والصناعة بالتفاعل مع الباحثين. وعلى سبيل المثال.. في عام 2008، ومن خلال عرض قومي متجول، عرضنا ما يوضح أن ما نجريه من بحث يعالج تحديات المياه الحيوية في جميع المدن الأسترالية. وقد حفّز هذا العرض ـ الذي كان موجهًا لصناع السياسات، وروّاد الصناعة والمجتمع ـ البحث وعقود المشارَكات.

وعلى الرغم من تجربتنا المثمرة، لا يزال البحث متداخل التخصصات هامشيًّا. ونحن نحث الباحثين والمؤسسات، وهيئات التمويل الملتزمة تجاه التنمية المستدامة على أن تجعل من هذا النوع من الأبحاث تيارًا سائدًا (انظر: «طرق تعزيز البحث متداخل التخصصات»). ■

تعمل ريبيكا آر. براون، و**آنا ديليتك**، و**توني وونج** في جامعة مانوش بملبورن في أستراليا، وكذلك في مركز الأبحاث التعاونية للمدن التي تحسن استغلال المياه. وتعمل **ريبيكا** أيضًا مديرًا لمركز مانوش للتنمية المستدامة.
البريد الإلكتروني: Rebekah.brown@monash.edu

1. United Nations. *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (UN, 2015).
2. Rittel, H. W. J. & Weber, M. M. *Policy Sci.* **4,** 155–169 (1973).
3. APSC. *Tackling Wicked Problems: A Public Policy Perspective* (Australian Government, 2007).
4. Deletic, A., Fletcher, T. D., Brown, R. R., Hatt, B. E. & Wong, T. H. F. *Water* **35,** 64–72 (2008).
5. Wong, T. H. F. *et al. blueprint2013 — Stormwater Management in a Water Sensitive City* (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2013).
6. Brown, R. R., Farrelly, M. A. & Loorbach, D. A. *Glob. Environ. Change* **23,** 701–718 (2013).
7. Wong T. H. F. & Brown R. R. *Water Sci. Technol.* **60,** 673–682 (2009).
8. Brown, R. R., Keath, N. & Wong, T. H. F. *Water Sci. Technol.* **59,** 847–855 (2009).
9. ICSU. *Earth System Science for Global Sustainability: The Grand Challenges* (International Council for Science, 2010).
10. Hansen, M. & von Oetinger, B. *Harvard Bus. Rev.* **79,** 106–116 (2001).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



مكعب الاختزال-الأكسدة هو خلية وقود، مخطط إنتاجها بقدرة 25 كيلو وات، ليتم تشغيلها بالغاز الطبيعي.

REDOX POWER SYSTEMS

تصوُّر جديد لخلايا الوقود

يحثّ **جون ليمون** على الدمج بين توليد الطاقة، وتخزينها؛ لضمان قوة الشبكات عند اعتماد المزيد من تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

تترافق زيادة الاستثمارات في الخلايا الكهروضوئية الشمسية، وتوربينات الرياح، مع تناقص التكاليف، ومع سعي الحكومات والشركات للحَدّ من انبعاثات الغازات الدفيئة، ولكن الطاقة المتذبذبة الناتجة عن الرياح والشمس تهدِّد بعدم اتزان شبكات الكهرباء. وكلما تم توصيل مصادر أكثر اختلافًا، يحدث استهلاك مفاجئ للطاقة؛ مما يؤدي إلى نفادها. وهذا يزيد من التغيُّر في قِيَم الجهد الكهربي، والقدرة الكهربية، وترددات التيار المتردد.

تعاني ألمانيا من هذه المشكلات بالفعل، حيث تنتج أكثر من 25% من احتياجاتها من الطاقة عن طريق مصادر الطاقة المتجددة. وتتسبب أعطال الجهد الكهربي في أضرار تُقَدَّر بمئات الآلاف من اليورو[1]، عند فصل العناصر المهمة عن التشغيل، وتعطيل المعدات في المصانع والمعامل. كما أن استخدام محطات الفحم كوسيلة للحفاظ على الاستقرار يؤدي إلى زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة.

لذلك.. يجب أن يكون هناك توازن بين توليد الطاقة، وأحمال استهلاكها. وفي هذا السياق، يتم اعتماد ثلاثة أساليب: عن طريق استخدام الزمن الحقيقي للطلب، وتسعير الحوافز، بغرض التحكم في الاستهلاك؛ والتغير التدريجي في محطات الغاز الطبيعي بالزيادة أو بالنقصان، للتعويض عن تذبذب الطاقة؛ وتخزين الطاقة. وبالطبع توجد سلبيات لكل طريقة منها، حيث تؤدي الطلبات المتكررة للحدّ من الطلب إلى تحفيز المستخدمين، وقد يتلاعب بها طرف ثالث يهدف إلى الربح، إذ إن توربينات الغاز والبطاريات لا يمكنها توفير استجابات سريعة عالية الطاقة (مدتها أقل من ثانية)، ولا يمكنها أن تقوم بالتزويد بالطاقة لفترات طويلة، حيث تتحلل البطاريات، ويكلِّف استبدالها الكثير. كما يستلزم استخدام وحدات البطاريات وجود مجموعات متعددة من الأجهزة الإلكترونية، وأنظمة التحكم.

يمكن أن تلغي الأنواع الجديدة من خلايا الوقود المستقبلية الحاجة إلى مثل هذه المقايضات، كما أنها ستسهل دمج الطاقة المتجددة في الشبكة. وفي الوقت الحالي، يتم استخدام خلايا الوقود لتوليد الكهرباء والحرارة فحسب. ويمكن تعديلها لتخزين الطاقة، وإنتاج الوقود السائل، مثل الميثانول، وذلك بفضل الطفرات العلمية في المواد والتصميمات. كما أن تطوير خلايا الوقود لتأخذ شكل نموذج البطارية هو أحد اهتمامات البرنامج الذي أديره في وكالة المشروعات البحثية المتقدمة في مجال الطاقة في الولايات المتحدة (ARPA-E)، حيث أقود 13 مشروعًا في الأوساط الأكاديمية، والصناعية، والمختبرات الوطنية. والآن، يجب أن يثبت الباحثون أن خلايا الوقود يمكن أن تؤدي وظائف متعددة، وتظل قادرة على توليد الطاقة بكفاءة.

صعوبات الدمج

يزداد توليد الطاقة من مصادر متفرقة بصورة متسارعة. ومن المتوقع أن تصل سعة تخزين التيار في الخلايا الكهروضوئية إلى ثلاثة أضعاف، لتصبح جاهزة للاستخدام في الولايات المتحدة[2] بحلول عام 2040 (تُقَدَّر الزيادة بـ15-75 جيجا وات)، لكن شبكات الكهرباء التقليدية غير مصمَّمة لتتعامل مع مئات الآلاف من المصادر المتنوعة الصغيرة.

تمتلك مصادر الطاقة المتجددة نمطين من تردُّد التيار الخارج. أولًا، يمكن أن يتقلب مُخْرَج الطاقة بشكل عشوائي لحظة تلو الأخرى، وهذا ـ على سبيل المثال ـ لأن الغيوم تلقي بظلالها على الألواح الشمسية. ثانيًا، يمكن أن يختلف مُخْرَج الطاقة خلال النهار والليل بشكل يمكن التنبؤ به. ووفقًا لأحد التوقعات الصادرة عن مشغِّل النظام المستقل في كاليفورنيا، فإن الطاقة المطلوبة في فترة ما بعد الظهر في كاليفورنيا في أواخر مارس 2020، والموافِقة لفترة غروب الشمس وعودة الناس إلى منازلهم، ستتطلب تكثيفها بمقدار 13 جيجا وات لمدة تزيد على ثلاث ساعات. وهذا يعادل تشغيل ما يزيد على 20 محطة للطاقة ذات سعة تخزين 600 ميجا وات، (انظر: «حِمْل التشغيل اليومي»).

غالبًا ما تكون إجراءات تقليل الطلب على الطاقة ـ مثل تغيير إعدادات الترموستات ببضع درجات ـ هي أول الإجراءات المستخدمة عندما يتم الضغط على الشبكة إلى الحد الأقصى لها. فعلى سبيل المثال.. في يوم صيفي شديد الحرارة في مدينة كبيرة، من المحتمَل أن تؤدي «استجابة الطلب على الطاقة» إلى إخراج 9% من الحِمْل الأقصى في الولايات المتحدة[3]، ولكن عدم وجود سياسات وخطط محسومة تجعل الاستجابة للطلب على الطاقة بمثابة مجازفة لمشغلي نظام الشبكة.

قامت المحكمة الأمريكية للاستئناف في مايو 2014 بإلغاء التعليمات التي أصدرتها اللجنة الفيدرالية لتنظيم الطاقة (FERC) في عام 2011، والتي تقتضي أن يدفع مشغلو الشبكة سعر السوق بالكامل لمصادر تلبية الطلب على الطاقة، مقابل شراء الطاقة، مثلما هو الحال في مولِّدات الطاقة التقليدية. وقضت المحكمة بأنه نظرًا لكون تلبية الطلب على الطاقة يشكل سوق التجزئة، فإنها يجب أن تندرج ضمن صلاحيات الدولة، بدلًا من اللجنة الفيدرالية لتنظيم الطاقة. وقد استأنف الرئيس الأمريكي باراك أوباما الحُكْم، وستنظر المحكمة الأمريكية العليا في القضية في وقت لاحق من هذا العام. وفي الحالتين، لا يمكن أن تستوعب قياسات الطلب وحدها كمية الطاقة المتجددة المتوقَّع أن يتم تثبيتها في الولايات المتحدة في العقود القادمة.

وقد تم تصميم أحدث توربينات الغاز الطبيعي بسعة تخزين مؤقتة، للمساعدة في تخفيف مُخْرَج الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة. وقد تطورت هذه التوربينات بشكل سريع مع الزيادة بمعدل عشرات الميجا وات في الدقيقة الواحدة. ومع ذلك.. فإنها تستغرق دقائق ـ وليس ثواني ـ لتوليد الطاقة مِن وَضْع عدم التشغيل. ويمكن تشغيل التوربينات التي تدور بالفعل في غضون ثوان، ولكن بكفاءة منخفضة، وانبعاثات أكثر، وتكاليف تشغيل[4] في الولايات المتحدة أعلى بنسبة 13-24%.

يستقطب موضوع استخدام بطاريات لتخزين طاقة الشبكة مزيدًا من الاهتمام. وتتزايد ثقة شركات الطاقة في إمكانية الاعتماد على هذه الأجهزة في هذا المجال، كما أصبحت الأنظمة أكثر ملاءمة للاستخدام العملي. وسوف تتطلب ميزانية كاليفورنيا 1.32 جيجا وات من سعة التخزين بحلول عام 2020. وقد بدأت شركات المَرافق العامة في شراء أجهزة التخزين بالفعل.

كان الإعلان الذي أطلقته شركة صناعة السيارات الكهربائية «تسلا موتورز» في مدينة بالو ألتو بولاية كاليفورنيا في مايو الماضي، واحدًا من النقط الحاسمة. وقد طورت أنظمة بطاريات سكنية بقدرة 7 و10 كيلو وات في الساعة (كيلو وات-ساعة)، وبتكلفة تصل إلى 3,500 دولار أمريكي. وتأمل الشركة في أن يرغب أصحاب المنازل في تجنُّب انقطاع الكهرباء ودفع فواتير الكهرباء في وقت الذروة، عن طريق شحن البطارية بالألواح الشمسية، أو عندما تكون أسعار الشبكة منخفضة في غير وقت الذروة، ولكن تتقيد سعة تخزين البطارية بحجمها؛ فبطارية «تسلا» ذات سعة التخزين 10 كيلو وات-ساعة، وذات مساحة قدرها متر مربع، والحاوية على ألواح ليثيوم-أيون، يمكنها أن تزود المنزل بالطاقة ليوم واحد فحسب، ولكنها ليست كافية لحالات انقطاع التيار الكهربائي التي تعقب الأعاصير والعواصف. ولذلك.. سيتم إجراء تحسينات إضافية للتكلفة والأداء، وذلك لتصنيع حجم أكبر من نوع بطاريات ليثيوم-أيون، والتكنولوجيات المنافسة، مثل بطاريات الاختزال-الأكسدة. ومن الملحوظ أنه لا توجد تكنولوجيا واحدة قادرة على تحقيق التوازن الأمثل بمفردها.

قد تسهم التكنولوجيات الحالية ـ مثل النماذج المطورة للتنبؤ بالرياح، والتوسع في البنية التحتية للنقل، وغيرها من

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التدابير ـ في الحفاظ على استقرار الشبكات عند زيادة نفاذ الطاقات المتجددة[5]. ومع ذلك.. تعمل الشبكات الأكبر (عشرات الميجا وات، أو أكثر) بما يزيد على 50%؛ لتوليد طاقة موزعة، لم يسبق لها مثيل. ولم يُعرف حتى الآن مدى كفاية التكنولوجيات الحالية لدعم شبكة كهذه.

خلايا الوقود الهجينة

إنني أدعم نهجًا مختلفًا.. وهو خلايا الوقود المدمَج فيها وحدة تخزين الشحن، حيث تم ترويج خلايا الوقود لتوليد الطاقة لعدة عقود، وذلك بسبب كفاءتها الكهربائية العالية. ولم يتم تطبيقها على نطاق واسع، لأنها أكثر تكلفة من مولدات الاحتراق (3 آلاف دولار أمريكي لكل كيلو وات، مقارنة بألف دولار أمريكي لكل كيلو وات). وقد قامت الحكومة الأمريكية بتمويل أبحاث تهدف إلى خفض هذه التكاليف على مدى الخمسة عشر عامًا الماضية، حيث إن تعزيز وظيفة خلايا الوقود سوف يجعلها أكثر قيمة.

خلايا الوقود هي أجهزة كهروكيميائية مماثلة للبطاريات، تعتمد على مواد معينة، مثل الهيدروجين، أو الميثان؛ لتوليد الطاقة والحرارة. وهناك نوعان رئيسان قيد الاستخدام: خلايا الوقود البوليمري التي تعمل في درجة حرارة 80 درجة مئوية للسيارات، وخلايا وقود الأكسيد الصلب، التي تعمل في درجة حرارة تزيد على 650 درجة مئوية لقوة ثابتة. وتتطلب خلايا الوقود البوليمري محفزات البلاتين باهظة الثمن، بينما تحتاج خلايا وقود الأكسيد الصلب إلى مانعات التسرب، والموصِّلات باهظة الثمن، كما أن عمرها الافتراضي محدود، إضافة إلى صعوبة أداء وظائفها في درجات الحرارة المتطرفة.

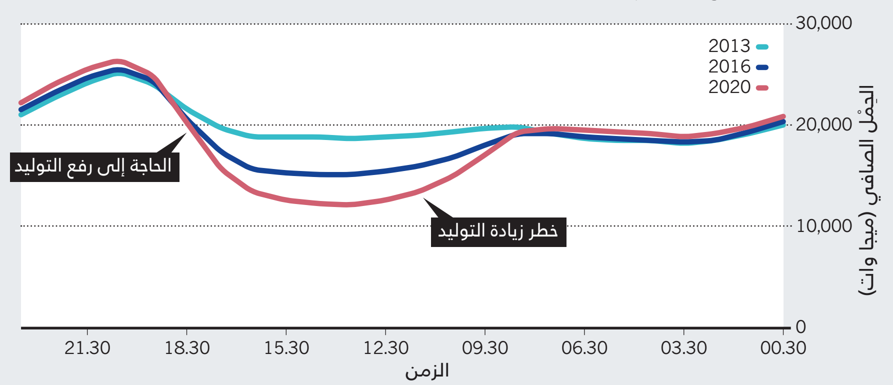
تُعَدّ خلايا الوقود الحالية بطيئة الاستجابة لتغيرات التيار والجهد الكهربي، حيث تستغرق زمنًا يزيد على الثانية الواحدة. ويتوجب في خلايا الوقود الساخنة التي تعمل في درجات حرارة تتجاوز 650 درجة مئوية أن تتجنب إجهاد المواد المكوِّنة لها، وتستغرق معالجات الوقود خاصتها فترة تصل إلى دقيقة، لتغيير المعدل الذي يتم عنده تحويل الميثان إلى هيدروجين، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، حيث تحتل الخلايا، إذا كانت «خالية» من الوقود.

ووجود الشحنة المخزَّنة في قطب خلية الوقود، أو بالقرب منه، سيساعد على تسريع استجابة الجهاز، لتسمح له «بإعادة الشحن» دون توقف، وأن يدوم الشحن لفترة أطول من خلايا الوقود التقليدية. وقد تم توضيح مفهوم نموذج البطارية في المختبر في خلايا الوقود (الباردة) القلوية مع أنودات هيدريد المعدن[6,7]، وكذلك في خلية وقود الأكسيد الصلب (الساخنة) مع أقطاب أكسيد الفاناديوم[8]. وعلى الرغم من أن كثافة الطاقة التي تم تسجيلها كانت منخفضة، إلا أن الخلايا خزّنت الجهد لمدة دقائق، أو ساعات. ويتوجب البحث عن المزيد من المواد؛ لزيادة مُخْرَج القدرة، وتقليل فاقد الطاقة في الأنود الذي يتفاعل مع الوقود ومخازن الشحن.

زيادة الأداء الوظيفي

يمكن أن تُدمَج وظيفة أخرى في خلايا الوقود، وهي التحويل الكهروكيميائي للغاز الطبيعي (الميثان) إلى وقود سائل، مثل الميثانول. وتُعتبر التكنولوجيا المستخدمة حاليًا في تحويل الغاز إلى السائل تكنولوجيا اقتصادية، وذلك عند استخدامها على نطاق واسع فحسب؛ حيث يقوم مشروع محطة شل بيرل «Shell's Pearl GTL» في دولة قطر بمعالجة ما يقارب 45 مليون متر مكعب من الغاز يوميًّا.

بدلًا من إيقاف تشغيل الألواح الشمسية، أو توربينات الرياح عند عدم وجود حاجة إليها، يمكن توجيه الإلكترونات



الاحتياطية التي تتولد عندما يزيد مقدار العرض على الطلب، بحيث تعمل على تصنيع السوائل من أجل وقود المواصلات، أو المواد الكيميائية. ويمكن أن تعمل خلايا الوقود المذكورة في آبار الغاز الطبيعي على تحويل الغاز، بدلًا من حدوث تسرب أو اشتعال للغاز في الآبار. وقد تم فحص هذه الأجهزة في المختبر خلال السنوات الخمس الماضية، ولكنها ليست متوافرة تجاريًّا بعد[9]. كما يحتاج الباحثون إلى التغلب على خاصية الاستقرار الملازم لجزيء الميثان، ثم تحويله بحيث لا يتأكسد كليًّا، ويتحول إلى ثاني أكسيد الكربون، ولا يتحول ثانيةً إلى غاز الميثان من الحالة البينية.

أعتقد أنه يمكن استخدام خلايا الوقود التي تعمل بدرجات حرارة متوسطة في تخزين الشحن، وإنتاج الوقود. وهذا في نطاق درجات الحرارة بين 200، و500 درجة مئوية، حيث تقوم عناصر عديدة في هذا النطاق بجذب أو تحرير الهيدروجين (هيدريد المغنسيوم أحد هذه العناصر). وهذه الشروط أكثر ملاءمة كذلك لتحويل الغاز إلى سائل، حيث إن الحرارة عالية بما فيه الكفاية، لتسمح بحركة تفاعل منطقية، وليست عالية جدًّا بحيث يتأكسد الميثان بالكامل، ويتحول إلى ثاني أكسيد الكربون. وقد أظهرت أبحاث علم المواد، التي أُجريت في العقد الماضي على موصِّلات بروتون الأكسجين وأيونه، أنه من الممكن صنع خلايا وقود كتلك المذكورة.

لكي تصبح خلايا الوقود الهجين التي تعمل في درجات حرارة متوسطة حقيقة واقعة، يحتاج الباحثون إلى عمل محاليل كهربائية (إلكتروليتية) صلبة ذات قدرة توصيل عالية، وكذلك العثور على أقطاب ذات نشاط واستقرار كبيرين، بحيث تتفاعل مع غاز الميثان، دون تشكيل فحم الكوك (الكربون الصلب). فيجب أن تَستخدم هذه الأجهزة مقدارًا أقل من محفز البلاتينيوم، ومقدارًا أكبر من الوقود المشوب، مقارنة بالخلايا البوليمرية ذات درجات الحرارة المنخفضة. ويُفترَض القيام بهذا باستخدام أرخص أنواع مانعات التسرب والموصلات، وأن تدوم لفترة أطول من خلايا وقود الأكسيد الصلب ذات درجة الحرارة العالية.

قام الباحثون الأمريكيون بالخطوة الأولى، حيث أُطلق برنامج الكهرباء الثابتة المعتمدة على النظم الكهروكيميائية (REBELS)، وذلك في وكالة (ARPA-E)، بدعم مادي يُقدر بمبلغ 33 مليون دولار أمريكي في شهر يونيو من عام 2014، وقد بدأت هذه الطريقة تؤتي ثمارها[10]. كما عملت الجهود في أماكن أخرى ـ لا سيما في أوروبا، واليابان ـ على توصيف كل من توليد الهيدروجين، وعملية تحويل الغاز إلى سائل بشكل منفصل، ولكنها يمكن أن تستفيد أيضًا من خلايا الوقود الهجين.

ويجب على الباحثين أن يثبتوا جدوى خلايا الوقود ذات درجة الحرارة المتوسطة عند تشغيلها لأداء الوظائف الإضافية، وهذا من خلال إظهار كثافة عالية للطاقة، وعمر افتراضي يدوم لعشر سنوات، مقارنة بعمر الخلية الموجودة حاليًّا، الذي يقل عن خمس سنوات. كما يجب التحقق من توفير التكاليف، عن طريق عمل نماذج فنية واقتصادية دقيقة. وبعد ذلك، يتم التطوير عن طريق توسيع نطاق العمل من الخلايا الفردية، إلى أنظمة واسعة النطاق، تعمل بقدرة الكيلو وات، وهذا سوف يستغرق مدة تُقدَّر من 5 إلى 10 سنوات.

يجب أن يقوم المنظمون، وشركات المرافق العامة، والمتخصصون في التكنولوجيات، والمستخدمون، بإيجاد تعريف لمزيج ملائم من التكنولوجيات والحوافز، بغرض الحفاظ على استقرار الشبكة الكهربائية في العقود المقبلة. ولا بد أن تكون خلايا الوقود الهجين جزءًا من تلك الدراسة. ■

جون ليمون مدير برنامج في وزارة الطاقة الأمريكية في وكالة المشروعات البحثية المتقدمة في مجال الطاقة في الولايات المتحدة (ARPA-E)، واشنطن، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: john.lemmon@hq.doe.gov

1. Schröder, C. *Der Spiegel* 'Energy Revolution Hiccups: Grid Instability Has Industry Scrambling for Solutions' (16 August 2012).
2. US Energy Information Administration. *Modeling Distributed Generation in the Building Sectors* (EIA, 2013).
3. Federal Energy Regulatory Commission. *Assessment of Demand Response and Advanced Metering* (2012).
4. Lew, D. *et al. The Western Wind and Solar Integration Study Phase 2* (US Natl Renewable Energy Lab., 2013).
5. Weiss, J. & Tsuchida, B. *Integrating Renewable Energy into the Electricity Grid* (Brattle Group, 2015).
6. Chartouni, D., Kuriyama, N., Kiyobayahsi, T. & Chen, J. *Int. J. Hydrogen Energy* **27,** 945–952 (2002).
7. Wang, C., Appleby, A. J., Cocke, D. L. *J. Electrochem. Soc.* **151,** A260–A264 (2004).
8. Van Overmeere, Q., Kerman, K. & Ramanathan, S. *Nano Lett.* **12,** 3756–3760 (2012).
9. Jacobs, T. *J. Pet. Technol.* **65,** 4135 (2013).
10. Duan, C. *et al. Science* http://dx.doi.org/10.1126/science.aab3987 (2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


PILED HIGHER AND DEEPER PUBLISHING

ألكساندرا لوكوود (في دور سيسيليا) - بطلة الجزء الثاني من فيلم «ذا بي إتش دي موفي» لجورج تشام (رسمت صورته الكاريكاتيرية أسفل الصفحة).

س و ج جورج تشام

الأكاديمي الساخر

أبهرَ جورج تشام ـ رسام الكاريكاتير وباحث الروبوتات السابق ـ طلاب الدراسات العليا في عام 2011 بفيلمه «ذا بي إتش دي موفي» (*The PhD Movie*)، الذي عرض الجزء الثاني منه ـ والذي يطرح المزيد من المصاعب الأكاديمية بصورة ذكية وطريفة ـ في عدة جامعات حول العالم بحلول نهاية شهر سبتمبر الماضي. ويتحدث تشام هنا عن التمويل الجماعي، والعملية المرهقة والقيمّة للحصول على المنح، والتمثيل الضئيل للنساء في مجالات العلوم، وإقناعه لأحد الحاصلين على جائزة «نوبل» بظهور شرفي في الفيلم.


JORGE CHAM

ما هو موضوع الجزء الثاني من فيلم «ذا بي إتش دي موفي»؟

يدور هذا الجزء حول ما يحدث فيما بعد لطالِبَي الدراسات العليا اللذين ظهرا في الجزء الأول (انظر: *Nature* http://doi.org/d92ckx; 2011). تكمل سيسيليا كتابة أطروحة الدكتوراة الخاصة بها في مجال فيزياء الكَمّ، وتناقشها، وتتخرج. فبالنسبة لها، يكمن السر في مدى رغبتك في كتابة رسالتك، حتى وأنت تكرهها، وتعاني من غياب تام للأفكار. في الوقت نفسه، يذهب وينستون إلى مؤتمره الأول، وهو طالب الكيمياء الحيوية المبتدئ، الذي لم يذكر اسمه في الجزء الأول، وكافح ليُثْبِت نفسه لأستاذه. تظهر كذلك مجموعة بحثية منافِسة، تستطيع أن ترى من خلالها بيئة العمل من منظور أوسع، وتقوم على المنافسة الحادّة على النتائج والتمويل.

ذا بي إتش دي موفي 2
إخراج: إيرام بارفين بلال
دار «بايلد هاير آند ديبر» للنشر: 2015
لمزيد من المعلومات أو تنظيم العروض، قم بزيارة phdcomics.com/movie

كيف حَسَّنْت جودة الإنتاج في هذا الجزء؟

تم تصوير الجزء الأول بطاقم صغير جدًّا، معظمه من المتطوعين، ولم تعد ميزانيته 20 ألف دولار أمريكي. أما ميزانية الجزء الثاني، فبلغت 175 ألف دولار، معظمها جُمِع عن طريق حملة للتمويل الجماعي، دُشنت على موقع «كيك ستارتر» Kickstarter. وأغلب الداعمين كانوا أكاديميين وطلبة دكتوراة من المعجبين بسلسلة الرسوم الفكاهية التي أرسمها (*Piled Higher and Deeper*)، وبالجزء الأول من الفيلم. وكان لدينا مُخْرِج قدير، وطاقم إنتاج من المحترفين، بالإضافة إلى كاميرات ومُعِدّات أفضل. ومثلما كان الحال في الجزء الأول، شارك في التمثيل أكاديميون وطلاب حقيقيون (على سبيل المثال.. دوري سيسيليا، ووينستون)، إلا أننا استعنّا هذه المرة بممثلين محترفين أيضًا، مما يعكس فكرة التعاون المتصدرة في هذا الجزء. كما تم تصويره في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا «كالتك» في باسادينا، حيث كان مركز المعلومات الكَمّية والمادة هناك بمثابة مقر الإنتاج الرئيس لنا.

مَن هو العالِم البارز الذي يظهر في الفيلم؟

احتوى الجزء الأول على ضيفَي شرف من الحاصلين على منحة العباقرة «ماك آرثر» MacArthur، هما جون دابيري، وبول روثموند. ولذا.. كان علينا الارتقاء أكثر في الجزء الثاني. وبذلك.. عُرِض الأمر على ديفيد بوليتزر ـ أحد الفيزيائيين بمعهد «كالتك»، والحاصل على جائزة «نوبل» في عام 2004 عن اكتشافه للحرية التقريبية في كيفية ارتباط النواة الذرية ببعضها ـ الذي رحَّب بالمشاركة الشرفية. ويظهر بوليتزر في أحد المشاهد التي يناقش فيها الأساتذة إمكانية حصول مؤسِّس المجال العاملين فيه على جائزة «نوبل»، فيتدخل هو متنهدًا، ليقول: «إن جائزة «نوبل» مُبَالَغ فيها.»

كيف تناولت قضية وجود المرأة في مجالات العلوم، وفي الجامعات؟

دارت نقاشات كثيرة في الآونة الأخيرة حول التمثيل الضئيل للمرأة، فأردتُ أن يحتوي الفيلم على عالمات في أدوار بارزة. ففي قصة وينستون، نجد أن رئيس فريق الأبحاث المُنافِس سيدة، وكذلك مؤسِّسة المجال البحثي نفسه، كما حاولنا أيضًا إظهار بعض عبارات الاستعلاء التي تتحمل النساء سماعها أحيانًا في المجالات التي يهيمن عليها الرجال.

ما هي رسالة الفيلم لطلاب الدكتوراة؟

يتلخص الأمر في أن تجمع رباطة جَأْشِك، وتكتسب الثقة الكافية لتقف أمام العالم وتخبرهم بما لديك. وبالنسبة إلى سيسيليا، يعني ذلك التغلب على متلازمة الاحتيال ـ التي يُعاني منها الكثير من طلاب الدراسات العليا ـ والدفاع عن بحثها. أما بالنسبة إلى وينستون، فهو يعني عدم التخلِّي عن قِيَمِه، وهو ما أعتقد أنه يسهل حدوثه في الجامعات. يرى العديد من طلاب الدراسات العليا الوضع الراهن للحياة البحثية كاللعبة، بحيث يمكنك أن تبيع نفسك، أو أكثر من أن تبيع نفسك، وتنافس بشراسة من أجل التمويل ومُعامل التأثير. فأنا أحاول أن أوضح هنا أن هذا الأسلوب ليس بالضرورة هو الطريق للنجاح، وأنه من الأفضل أن نتعاون جميعًا مع بعضنا البعض.

هل يعكس الجزء الثاني من الفيلم رؤيتك للتغيرات التي حدثت في الجامعات منذ تصوير الجزء الأول، حتى الآن؟

في الجزء الأول لم يكن هناك قلق إزاء الافتقار إلى التمويل، أو المنافسة على المِنَح. أما في الجزء الثاني، فيظهر الأمر على أنه مسألة حياة أو موت بالنسبة إلى المختبر. أسمع قصصًا عن أساتذة يضطرون لإغلاق مختبراتهم، أو عدم قبول أي طُلاب جدد بسبب ذلك، حتى في جامعات الدرجة الأولى، مثل معهد «كالتك»، وجامعة ستانفورد في كاليفورنيا. إنّ الوضع قاتم جدًّا، وأصبح هناك الكثير من القلق، مقارنةً بالسنوات القليلة الماضية. يدور الحديث أيضًا حول الهدف من برنامج الدكتوراة، وعما إذا كان ينبغي علينا تدريب الطلاب على وظائف غير أكاديمية، أم لا، نظرًا إلى أن أقل من 15% من طلاب الدكتوراة في الولايات المتحدة سيتمكّنون في النهاية من الحصول على مناصب جامعية، تنتهي بالتثبيت. إن الطلاب أنفسهم يتساءلون: هل الأمر يستحق؟ أحاول أيضًا الإجابة على هذا السؤال. ■

أجرت المقابلة زوي كوربين.

تم تحرير هذه المقابلة للتقصير والتوضيح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



STATE MUSEUM AND EXHIBITION CENTER ROSIZO

مقعد دَفْع، وبِذْلة، استُخدِما في مهمات مركبة الفضاء السوفيتية «فوستوك» من عام 1961 إلى 1963.

السفر إلى الفضاء

عندما حَكَمَ السوفييت الفضاء العظيم

تيم رادفورد يشعر بسعادة غامرة تجاه المعرض غير المسبوق لإبداعات الاتحاد السوفييتي في الفضاء أثناء الحرب الباردة.

خلال أعوام الحرب الباردة من 1957 إلى 1966، حقق السوفييت الصدارة في عالم الفضاء. وتشتمل قائمة انتصاراتهم المُبْهِرة ـ في الخمسينات وحدها ـ على أول جسم اصطناعي، وأول حيوان يدور في الفضاء، وأول صورة للجانب الأبعد للقمر. وفي العقد التالي، تزايدت انتصاراتهم العلمية، لتشمل أول محاولة على الزهرة، وأول رجل يصعد إلى الفضاء، وأول امرأة تصعد إلى الفضاء، وأول بعثة لثلاثة رجال في الفضاء، وأول عملية سير في الفضاء، وهبوط آليّ على سطح القمر، وعربة قمرية (1970)، وعيِّنة من الصخور القمرية جُلبت إلى الأرض بواسطة آلة ذاتية الحركة. وبغرض توضيح أهمية ومدى تلك الانتصارات، يجمع معرض «روّاد الفضاء» Cosmonauts ـ الذي طال انتظاره ـ بمتحف العلوم في لندن، قِطَعًا تذكارية، وعجائب هندسية، مقترَضة من مجموعة متفرقة من المعاهد الروسية.

NATURE.COM
للمزيد حول العلم في الثقافة، ادخل إلى الموقع التالي:
nature.com/booksandarts

إنه يفتح بابًا من الأحلام.. من مدار عالٍ، وسقوط حر، وخروج من حجرة معادلة الضغط، مرسومة على ورق من سنة

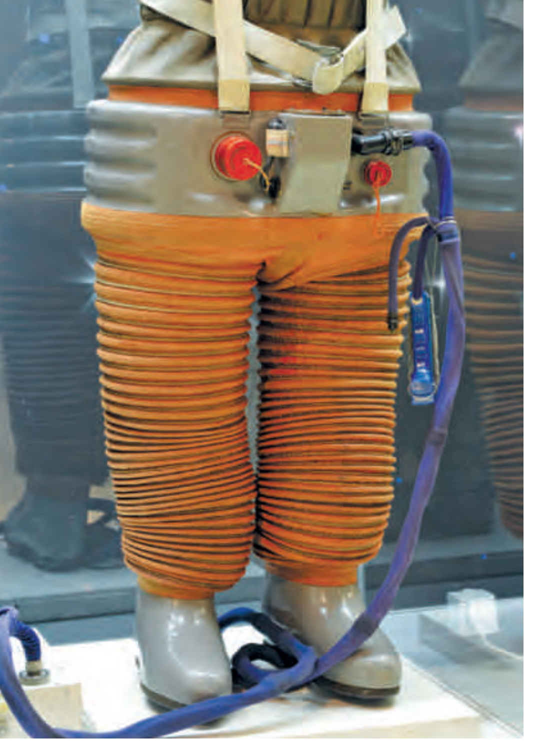
رواد الفضاء..
ميلاد عصر الفضاء
متحف العلوم، لندن، مستمر حتى 16 مارس 2016.

1933 بواسطة ناظر المدرسة وصاحب الرؤية في علم الصواريخ، كونستانتين تسيولكوفسكي. ويختتم المعرض بنموذج لإنسان راقد في المهد («شبح مكافئ بالنسيج» أُرسل في سنة 1969؛ لامتصاص وقياس الإشعاع الفضائي)، ممثلًا لحلم السوفييت بإرسال بعثة ذات طاقم إلى المريخ، ومقولة تُنسب إلى تسيولكوفسكي: «الأرض هي مهد الإنسانية، ولكن لا يستطيع المرء أن يعيش في المهد إلى الأبد». وفي الوسط، هناك مجموعة من الأجهزة التي لم يحلم أحد قط منا ـ الذين تابعوا الأخبار بِنَهَم في تلك السنوات ـ أن يراها مجمَّعة في مكان واحد، ناهيك عن جنوب كنسينجتون.

إن النماذج تمثل عجائب.. فهناك عرض لنموذج مصقول من القمر الصناعي «سبوتنيك 1»، الذي تم إطلاقه في أكتوبر 1957 (يقال إن كبير مصمميه، سيرجي كوروليف قال: «هذه الكرة سوف تُعرَض في المتاحف»). وهناك نموذجان هندسيان: أحدهما للعربتين القمريّتين «لونوكود» Lunokhod، والآخر لوحدة الهبوط «لونى







نموذج مصغر من المركبة الفضائية «فوستوك» في الستينات؛ وملصق دعاية من عام 1959 باسم «السلام»؛ وبِذْلة ضغط سالب لأسفل الجسم، من إنتاج عام 1971.

R–L: STATE MUSEUM AND EXHIBITION CENTRE ROSIZO; SCIENCE MUSEUM; MEMORIAL MUSEUM OF COSMONAUTICS/STATE MUSEUM AND EXHIBITION CENTRE ROSIZO

كورابل» *Lunniy Korabl* التي كانت سِرِّيَّة يومًا ما، والتي تم تصميمها لتوصيل أحد رواد الفضاء إلى سطح القمر في عام 1969. وقد انطلقت بالفعل، ولكن ليس إلى القمر، ولم يَعرِف بقيّتنا بوجودها، إلا بعد عقدين.

هناك أشياء حقيقية أيضًا.. إلى جانب وحدة الهبوط «فوسكود 1» (*Voskhod 1*) المتفحِّمة، التي تكفي ثلاثة أشخاص، والتي استُخدمت في عام 1964. وهناك وحدة الهبوط «فوستوك 6» (*Vostok 6*)، التي قامت فيها رائدة الفضاء فالنتينا تريشكوفا بالدوران حول الأرض لثلاثة أيام في عام 1963، قبل أن يحترق الدرع الحراري أثناء العودة، بسبب اصطدامه بالغلاف الجوي للأرض بسرعة 27 ألف كيلومتر في الساعة. وهذه أشياء الأيقونية: محرك «RD-108»، الذي أجَّج نيران السباق الفضائي، والمرحاض الفضائي المعقد، الذي صُمِّم لتصريف النفايات البشرية على متن المحطة الفضائية «مير»، وحقيبة الظهر المشحونة ذات المنفذ والأضواء الأمامية للطيران الحر خارج المركبة الفضائية.

SCIENCE MUSEUM/SSPL

ممّا يجعل الرأس تدور في انبهار، الأشياء الصغيرة التي تَروِي تلك القصص الأخرى التي ينطوي عليها هذا العرض المذهل. فهناك رسم جورجي كروتيكوف، الذي يعود إلى سنة 1928، ويُسمى «جماعة العمال»، ويُعتبر حلمًا رائعًا يتنبأ بالمغامرة العظيمة. وهناك قدح معدني صغير، كان في يوم ما خاصًّا بكوروليف، وهو الرجل الذي تعتبره الأغلبية الآن قائد السباق الفضائي، وبالتالي بطل هذه القصة.

كان كوروليف، وهو أوكراني الجنسية، من المسجونين في معسكر الاعتقال في منطقة كوليما بسيبيريا أثناء حملات تطهير جوزيف ستالين سيئة السمعة في الثلاثينات. لم يعرف باسمه أي غربي ـ وأغلب الروسيين ـ أثناء الحرب الباردة.

نعم، إلى هذا الحد كان العالم السوفييتي منغلقًا. وفور انتهاء احتجاز العمال وقت الحرب، وصل إلى قاعدة بينموندي الألمانية لبرنامج الصواريخ النازي «V-2»؛ ليحقق حلم استكشاف الكواكب.

أنهَى القمر الصناعي «سبوتنيك 1» التراخي الغربي، وساعد على إعادة إشعال برنامج الفضاء الأمريكي، الذي أطلقه في الأصل مهندس الطيران النازي سابقًا، والمهاجر الأمريكي لاحقًا، فيرنر فون براون. وعندما مات كوروليف في عام 1966 أثناء عملية من المفترَض أن تكون روتينية، كان القائد السوفييتي الجديد ليونيد بريجينيف حاملًا للنعش. وحتى ذلك الحين، لم يكن أحد من الغرب يعرف بوجود كوروليف.

حتمًا تظهر عبقرية مهندس الصواريخ مرارًا وتكرارًا خلال العرض. فهناك خطاب مُوَقَّع من ستالين، يجيز برنامج الصواريخ الباليستية عابرة القارات، التي جعلت «سبوتْنِك 1» ممكنًا، واللوحة الرقمية الشخصية «YG1»، الخاصة بيوري جاجارين، عامل سَبْك المعادن، الذي أصبح طيارًا مقاتلًا، ولاحقًا في عام 1961، أصبح أول رجل يصعد إلى الفضاء. هناك الرسم اليدوي لكوروليف، لإطلاق روّاد الفضاء الكَلْبَيْن ستريلكا، وبيلكا. وإلى جانب الملصقات الرسمية المظفرة للواقعية الاشتراكية، هناك معطف مختبري أبيض غُمس في اللون الأحمر مع الترجمة الروسية للكلمات المكتوبة «الفضاء لنا»، وتذكار من احتفال عام 1961 العفوي في الساحة الحمراء. وكذلك توجد الأقلام

بِذْلة الفضاء التي ارتدتها رائدة الفضاء البريطانية هيلين شارمان في بعثة إلى محطة «مير» الفضائية في عام 1991.

الرصاص، ووسادة الرسم التي أخذها أليكسي ليونوف أثناء سيره الريادي في الفضاء في عام 1965 ـ شبه الكارثي ـ إلى جانب صورة ذاتية لاحقة له عائمًا فوق البحر الأسود، متعلقًا بطرف حبل.

إنّ دور الولايات المتحدة في السباق الفضائي لم يَكَد يُذكر، فيوجد أكثر من غلاف لمجلة «تايم»، يعلِن رئيس الوزراء السوفييتي نيكيتا خروشوف كرجل العام في 1957، لكن بدا أن الجهد الفضائي السوفييتي بدأ في التباطؤ عندما بدأ برنامج «أبوللو» الأمريكي ـ وهو قصة ذُروة في قاعات العرض الرئيسة في متحف العلوم ـ في الانطلاق بكل ما تحمله الكلمة من معنى. ولابد أن موت كوروليف كان عاملًا مساعِدًا أيضًا على هذا التباطؤ. واستمرت العجائب، لكن السباق إلى القمر، الذي لم يُعترف به قط، كان قد انتهى.

تعكس هذه الوفرة الكونية نشوة تلك السنوات الأولى، وتتطلع إلى عصر محطة الفضاء. فهناك ملعقة استُخدمت على المحطة الفضائية «مير» من قِبَل سيرجي كريكاليف، الرجل الذي صعد كرائد فضاء سوفييتي، وعاد في عام 1922 كمواطن بالاتحاد الروسي (نعم، هناك نموذج لوحدة هبوط من طراز «سويوز» Soyuz، عادت بطاقم محطة «مير» إلى الأرض في تلك السنة)، لكن هذه المجموعة غير المسبوقة تقدِّم أكثر من لمحة من تقنيات الاستكشاف البعيد. إنها لقطة من التاريخ السوفييتي، لأن الحرب الباردة شوَّهت القرن العشرين، ومِن ضِمْنه التاريخ العالمي أيضًا. فهل يمكنك أن ترى (مقعد الدفع) لكلب في مكان آخر؟ إنّ المعروضات تفرض دلالاتها الخاصة. شاهِد هذا العرض؛ لترتقي، وتنتقل، وتخرج من هذا العالم. إن هذا المعرض بمثابة ارتقاء قانوني. ■

تيم رادفورد كان محررًا علميًّا في صحيفة «الجارديان» في لندن حتى عام 2005.
البريد الإلكتروني: radford.tim@gmail.com

التخصصات المتداخلة

داخـــل معــمل مانشســتــر للفنـــون

يتناول **بيتر بورمان** ما قد ينتج عن التداخل بين التكنولوجيا والدراسات الإنسانية من اكتشافات.

في عام 2005، أَلقَى رائد الأنظمة الرقمية ستيف جوبز خطابًا مؤثرًا في حفل تخرُّج لطلبة جامعة ستانفورد بولاية كاليفورنيا، وصف فيه كيف فَضَّل دراسة فن الخط على المنهج المُقرَّر قبل التخرج، قبل أن يترك الجامعة لاحقًا. وعلى الرغم من أن عِلْم الخط كان يبدو في هذا الوقت علمًا بلا تطبيق عملي، إلا أنه بعد عقد واحد، حين كان جوبز منشغلًا بتقديم جهاز «ماك»، كانت دراسة فن الخط قد مكَّنته من تحسين الخطوط ذات المسافات المتناسبة، كما نجح في أن يجعل من جهاز «أبل» معيارًا ذهبيًّا في مجال النشر المكتبي، إذ ربط ربطًا ناجحًا بين «الفنون الحرة والتكنولوجيا»، وكرَّر هذه العبارة مرارًا في خطاباته البارزة الأخيرة، التي ألقاها قبل وفاته في عام 2011.

يُولِي معهد جون ريلانز البحثي بجامعة مانشستر في المملكة المتحدة اهتمامًا خاصًّا بالتفاعل المثمر بين الفنون والعلوم. وهذا المعهد، الذي أُسِّس في إبريل 2013، والذي أديره بنفسي مع راشيل بيكيل، المديرة المساعدة ورئيسة المجموعات الخاصة، يضم في الوقت الحالي ما يربو على 24 موظفًا، من بينهم علماء، وقائمون على الصيانة، وأمناء متاحف، وأخصائيو تصوير رقمي، ودارسو علوم إنسانية، بهدف الكشف عن الإمكانات البحثية التي توفرها المجموعات الخاصة بمكتبة جامعة مانشستر، ثم إبرازها واستيعابها، بدايةً من الألواح الطينية إلى أرشيف البريد الإلكتروني. ومن أبرز ما تشتمل عليه هذه المجموعات: مخطوطات يونانية، وقبطية، وعربية، مكتوبة على أوراق البردي، ومخطوطات عبرية وفارسية تعود إلى العصور الوسطى، فضلًا عن كتب تعود إلى بدايات العصر الحديث، مثل مجموعة من أفضل مجموعات المجلدات في العالم، طبعها عالِم الدراسات الإنسانية ألدوس مانوتيوس في عصر النهضة. وقد أُقيم المعهد استجابة للنهضة في مجال العلوم الإنسانية الرقمية، وهو مجال يسمح بدراسة الكتب والمخطوطات بأساليب لم تخطر على بال الجيل السابق.

تعرَّضْنا لعدد من النجاحات والإخفاقات، فقد جمعنا من التمويلات أكثر من 3 ملايين جنيه استرليني، (4.6 مليون دولار) من مصادر معينة، مثل الأكاديمية البريطانية، وصندوق «وِيلْكَم تراست» الخيري للأبحاث الطبية الحيوية. ويوجد المعهد في مكتبة جون ريلاندز المزدحمة بالفعل، حيث يمثل التوسع بخطى متسارعة أحد التحديات التي تواجهنا. وتتناول الأبحاث التي يجريها معملنا الفني مجالات لم يتطرق إليها أحد من قبل، وهذا من خلال إلغاء تقسيم الفروع المعرفية والمؤسسية.

لكي نحقق التعاون المتشابك بين الفروع، كنا نحث على إقامة نظام تعاوني ثنائي، حيث تم تخصيص مشرف لجميع الباحثين من طلاب الدكتوراة، وباحثين في مرحلة ما بعد الدكتوراة، وأكاديميين زائرين، وزملاء حاصلين على تمويل لإجراء دراسات تجريبية، بحيث يكونون مُلِمِّين بالمواد التي يدرسونها. فإليزابيث سافاج، على سبيل المثال، وهي باحثة ما بعد الدكتوراة في مجال التاريخ والفن، قد فازت بمنحة دراسية من الأكاديمية البريطانية لمدة ثلاث سنوات، من أجل دراسة آلاف المطبوعات التي تعود إلى القرنين الخامس عشر، والسادس عشر، جَمَعَها هيرو فون هولتورب، وهو أحد علماء القرن التاسع عشر في مجال تكنولوجيا الطباعة القديمة، وعلم الجَمَال. وكانت رفيقته في النظام التعاوني الثنائي ستيلا هولكيارد، وهي مديرة مجموعات بصرية، أسهمت في إعادة اكتشاف هذا الإرث الرائع. كما

MIKE TOTH/SIAM BHAYRO/DOUG EMERY/DIGITALGALEN.NET/CC BY 3.0

أصبح النَّص الذي مُحِيَ من طرس جالينوس باللغة السريانية واضحًا بواسطة تحليل الصور متعدد الأطياف.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



عملت سافاج مع زملاء في مركز العناية بتجميع وتصوير التراث (CHICC) التابع للمكتبة، الذي كان له السبق في ابتكارات التصوير الفوتوغرافي الملون، مثل تقنيات الإضاءة لتصوير الذهب. وقد ساعدت هذه التقنيات ـ بالإضافة إلى التقاط صور للصبغات عن قرب ـ سافاج في التعرف على بعض أقدم النماذج للطباعة بالحبر المصنوع من الذهب.

كما أن العمل في مركز CHICC يؤدي إلى طفرة في طريقة فهم مخطوطات ورق البردي، والطروس، وهي ألواح تم محو النَّصّ منها، حتى يُعاد استخدام الصفحة. وقد تمكَّن الباحثون من الحصول على صور تبرز تفاصيل المصنوعات اليدوية الأثرية بالاستعانة بتكنولوجيا أكثر تطورًا، مثل مستشعر رقمي بمقياس 60 مليون وحدة بيكسل، مع نظام إضاءة MegaVision EV، يستخدم الصمامات الثنائية الباعثة للضوء، بحيث يمزج بين التصوير الفوتوغرافي عالي الدقة، والتصوير متعدد الأطياف الذي يلتقط البيانات عند ترددات واقعة في نطاق الطيف الكهرومغناطيسي. ويمكن لهذا النظام أن يكشف عن نصوص لم تكن مقروءة من قبل، لأن الأحبار المختلفة تعكس الضوء في أطياف مختلفة بصورة مغايرة. ولهذا.. تمكنت عالمة البرديات روبرتا مازا من اكتشاف «تميمة العشاء الأخير»، وهي ورقة بردي، كُتبت عليها فقرات من الكتاب المقدس من جهة، وعلى الجهة الأخرى إيصال ضريبة حبوب. وتتبَّعت مازا منشأ هذه الورقة، لتجد أنه كان بالقرب من مدينة هيرموبوليس القديمة في مصر، بجوار مدينة الأشمونين الحديثة.

«طبيعة المعهد تربط بين المصنوعات اليدوية الأثرية، وآخِر التطورات العلمية».

كما نتعاون مع علماء، مثل مارك ديكنسون، وهو فيزيائي وأخصائي التصوير الطبي بمعهد علم الفوتونات في مانشستر، إذ إن التصوير الطبي غني بالتقنيات التي يمكن استخدامها في تحليل المصنوعات اليدوية الأثرية، مثل تصوير التماسك البصري المقطعي، الذي يُستخدم عادة لتصوير الأنسجة، أو لإظهار تدفق الدم. وقد اختبره ديكنسون على ورقة بردي معالَجة بالكربون، ويصعب فَرْدها، بسبب رِقّتها البالغة، كاشفًا عن النص المستتر بالداخل.

كما يمثل تحليل الصور عاملًا أساسيًّا للبحث في المجموعات. ونحن نستعين بتقنيات إحصائية، مثل التحليل القانوني للمتغيرات CVA، الذي يقارن بين تركيبات المجموعات في بيانات متنوعة، حتى يتسنى لنا قراءة النص الذي تم محوه من الطروس. ويُطبق هذا التحليل على صورة متعددة الأطياف، ويُستعان بخوارزمية مدربة؛ للتعرف على النص الظاهر، والنص الباطن الممحو من قبل، فضلًا عن المساحات التي يلتقي فيها النَّصّان. وبهذا.. يبلغ التباين فيما بين النَّصّين أقصاه، مما يجعل النَّص السفلي يبرز للخارج، ويصبح مقروءًا.

كما أن مشروع تحليل الصور، الذي تكلف مليون جنيه استرليني، والذي نتج جزئيًّا عن التعاون مع مركز CHICC، وتلقَّى تمويلًا من مجلس أبحاث الآداب والعلوم الإنسانية بالمملكة المتحدة، يقوم حاليًّا بدراسة الطرس الذي كتبه جالينوس باللغة السريانية، وهو مُصَنَّف متعلق بالشعائر الدينية، يعود إلى القرن الحادي عشر، ويحمل بين ثناياه نصًّا سفليًّا ممحوًّا، يعود إلى القرن السادس، وهو ترجمة سريانية لجملة «عن العقاقير البسيطة» الذي كتبها جالينوس، وهو أحد الأطباء الإغريقيين القدماء (من سنة 129 إلى 216 تقريبًا). ولدينا بالفعل مجموعة بيانات كبيرة من الصور متعددة الأطياف، وتندمج حاليًّا صور للصفحة نفسها، بحيث يصبح النَّص الباطن أكثر وضوحًا (انظر الصورة)، ويشرف على تنفيذ هذا بيل سيلرز، وهو اختصاصي في علم المقدمات الحاسوبية، ويستعين عادةً بالنماذج الحاسوبية، لإعادة تركيب حركات الأنواع المنقرضة، والتعرف على تطورها.

أثمر كل هذا العمل عن مجموعات كبيرة من الصور، مختزنة في صورة ملفات بصيغة (TIFF)، وهذا يثير تساؤلًا حول كيفية تخزين البيانات كبيرة الحجم، وتحليلها. وسيتمثل التحدي في إقامة أنظمة متكاملة، تسمح بالبحث المقارن عبر مِنَصّات الأنظمة الأساسية. أما بصدد المخطوطات اليونانية، والعبرية، والفارسية، المكتوبة على ورق البردي، فنحن نعتزم التوصل إلى حلول بالتعاون مع المكتبة الرقمية لجامعة كمبريدج، وهذا سيصب في مصلحة استراتيجية «المكتبة عبر الإنترنت»، المتمثلة في تجميع مجموعاتنا ومشروعاتنا الرقمية تحت سقف واحد. كما يمكننا النظر في كميات كبيرة من الأبحاث وبيانات التعريف، باستخدام أدوات لغويات النصوص الحاسوبية، التي تُعنى بدراسة اللغة من خلال عيِّنات من النَّص الحقيقي، إلى جانب أداة استخراج المعلومات من النصوص، التي تفحص النص؛ لاستخراج البيانات منه. وتتضمن هذه الأدوات نظام برنامج معالجة اللغة (U-Compare).

بعض مجموعاتنا كانت أصلًا رقمية، فعلى سبيل المثال.. لدينا أرشيف بريد إلكتروني لدار النشر الأدبي المحلي «كاركانت»، وبالطبع سيتعامل الباحثون في المستقبل مع هذه المجموعات بأسلوب يختلف عن مطالعة المراسلات المكتوبة. وقد بدأنا بالفعل في التعاون مع خبراء لغويات حاسوبية بمركز مانشستر القومي؛ لاستخراج البيانات من النصوص، وكذلك مع زملاء من مركز دراسات الترجمة والتبادل الثقافي القريب، الذين اكتسبوا خبرة عريضة في التعامل مع مجموعات كبيرة من النصوص متعددة اللغات. كما سيتيح الذكاء الصناعي، بالتعاون مع علم دراسة الخطوط القديمة ـ المعنِيّ بدراسة الكتابات القديمة، وتاريخها، وتصنيفها ـ سبلًا ومجالات للبحث، يحرص المعهد على استكشافها. ومن خلال تدريب البرنامج على التعرف على خطوط أيدٍ معينة، وأساليب معينة للكتابة، سيمكننا عندئذ فحص مجموعات افتراضية هائلة من المخطوطات بأساليب غير مسبوقة.

وقد ذكرت المؤرخة آن بلير بجامعة هارفارد في كمبريدج بولاية ماساتشوستس في محاضرة ألقتها في افتتاح المعهد: «حين نُقْبِل على الإعلام الجديد، علينا ألا ننبذ الوسائل القديمة». أهم ما يميز المعهد هو تداخل التخصصات، التي تربط المصنوعات اليدوية الأثرية بآخِر التطورات العلمية، وهذا ما يشكل الإرث المزدوج للأجيال القادمة، التي ستطرح أسئلة مختلفة عن مقتنيات المكتبة البارزة. ■

بيتر بورمان مدير مؤسس لمعهد جون ريلاندز للأبحاث بجامعة مانشستر، في المملكة المتحدة، والباحث الرئيس في مشروع طرس جالينيوس باللغة السريانية.
البريد الإلكتروني: Peter.pormann@manchester.ac.uk

مراسلات

القوائم غير المحدَّثة تعرِّض الكائنات للخطر

قد تسمح الثغرات القانونية لتجار الحياة البرية والصيادين الخارجين على القانون في الصين بأن يفلتوا من المحاكمة، أو أن يتَلَقُّوا أحكامًا مخففة. وهي مشكلة تنشأ بسبب القائمة الصينية للأنواع المحمية (PSL)، التي لم تُحَدَّث منذ وضْعها في عام 1989، مما يؤدي إلى تعارضها مع التصنيفات الأحدث.

إن الملحق الأول والثاني من اتفاقية التجارة الدولية للأنواع المهدَّدة بالانقراض من حيوانات ونباتات الإقليم البرية ـ «سايتس» CITES ـ والاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة (IUCN) يستخدمان التصنيفات بناءً على المراجعات الأخيرة للتوزيع الجغرافي، وارتباطات التطور السلالي، ما أدَّى إلى تغيير تصنيف بعض الأنواع من كونها «دخيلة» ـ حسب تقييمها السابق من قِبل اتفاقية «سايتس» ـ إلى «محلّية». أما القائمة الصينية للأنواع المحمية، فلم تتم مراجعتها وتعديلها بالطريقة نفسها؛ ما أدَّى إلى عدم اعتبار وضع استيطان كل نوع منها في القانون.

على سبيل المثال.. ينضم الحيوان الصيني (*Manis pentadactyla*) إلى القائمة الصينية للأنواع المحمية، باعتباره صنفًا محليًّا. أما الأنواع الخاصة بملايو والهند (*Manis javanica, Manis crassicaudata*)، المهددة بالانقراض، فهي تتلقى الحماية، باعتبارها كائنات دخيلة، طبقًا للملحق الثاني من اتفاقية «سايتس»، لكنها استوطنت البلاد منذ عام 2000 على الأقل. لذا.. نحن نرى أنه يجب إضافة هذه الأنواع إلى القائمة الصينية للأنواع المحمية على الفور، لضمان حصولها على القَدْر نفسه من الحماية في التشريعات القومية. كما أن الوضع التصنيفي للقرد (*Trachypithecus spp.*)، والثعبان البورمي (*Python bivittatus*) أصبح هو الآخر غير متوافق مع القائمة الصينية للأنواع المحمية، ما يؤدي إلى مخاطر مشابهة لتلك الأنواع أيضًا.

نتيجة لذلك.. يمكن للتجار غير القانونيين أن يبرروا أعمالهم بأن هذه الحيوانات التي تمت مراجعة وضعها الحيوي الجغرافي، ومراجعة أسمائها ليست موجودة في القائمة الصينية للأنواع المحمية، بالرغم من أنها قد تكون مهدَّدة بالفعل. وللتخفيف من التناقضات بين الدول، ولدعم إنفاذ القوانين، تتطلب قضية عدم التوافق في التسمية تلك أن تقوم الدول المُوَقِّعة على اتفاقية «سايتس» ـ وعددها 181 دولة ـ بتبنِّي سياسات واضحة وموحدة للتسمية، تكون متناسقة دوليًّا، وتتبع القائمة الحمراء الخاصة بالاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة، وقائمة (+Species) الخاصة باتفاقية «سايتس» (www.speciesplus.net).

زاو-مين زو* مكتب يونان للأمن العام للغابات، كونمينج، يونان، الصين.
zhouzm81@gmail.com

*بالإنابة عن 6 مراسلين آخرين (لقراءة القائمة الكاملة، انظر: /go.nature.com hubzzy)

كهرباء الاتحاد الأوروبي الصديقة للبيئة

أصدرت الجمعية الفيزيائية الأوروبية تقريرًا حول خطط الاتحاد الأوروبي للإنتاج المستدام للكهرباء الصديقة للبيئة في سياق التحديات العالمية الحالية الخاصة بالطاقة والمناخ (انظر: go.nature.com/2blxp9)، حيث ينصح التقرير أوروبا بتطوير سياسة مشتركة للطاقة، تكون بمثابة نموذج للمناطق الأخرى.

ويشير التقرير إلى أن إسهام أوروبا في انبعاثات غازات الدفيئة على المستوى العالمي قليل؛ ما يعني أن إنتاجها للكهرباء ـ دون استخدام الوقود الأحفوري ـ سيؤدي إلى تقليل الانبعاثات العالمية بنسبة 3 إلى 4% فقط، بيد أنه يتوجب على أي خطط تستهدف إنشاء هياكل الكهرباء الصديقة للبيئة على المستوى الدولي أن تعالج مشكلات معينة، مثل التقطُّع، والتخزين، وأن توفر أنظمة دعم وشبكات كهربائية كبيرة، وعالية الطاقة.

ويطرح التقرير ضرورة أن تكون أهداف تلك الطاقة مبرَّرة علميًّا، وأكثر واقعية، وهو ما قد يقلل من تكلفة الدفع إليها جبرًا من خلال فرض القوانين، ويشجع المنافسة في القطاع الصناعي الأوروبي. ويؤكد أيضًا على أن تطبيق تلك القوانين يتطلب وجود سياسة مشتركة.

كما ينصح التقرير بأن يتاح للعامة إمكانية الوصول إلى المعلومات العلمية حول قضايا الطاقة، بدلًا من الخطط والمخططات المبسطة فقط، ويحث أوروبا على الاستمرار في قيادة الطريق إلى تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة.

جوزيف أونجينا مختبر فيزياء البلازما، الأكاديمية العسكرية الملكية، بروكسل، بلجيكا.
كريستوف روسيل الجمعية الفيزيائية الأوروبية، مالهاوس، فرنسا.
j.ongena@fz-juelich.de

التنقيب في النفايات القشرية لن يكون سهلًا

إذا أراد قطاع الصناعات الكيميائية تحقيق الربح من تنقية فضلات أصداف القشريات البحرية، وغيرها من المنتجات الجانبية لعمليات تصنيع المأكولات البحرية، يجب عليه أولًا التغلب على مشكلات التجميع، وقضايا سلامة الغذاء (انظر: N. Yan and X. Chen *Nature* **524**, 155–157; 2015).

إن تجميع قدر كاف من غذاء الحيوانات لأغراض تجارية يمثل تحديًا هائلًا (R. L. Naylor *et al*. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **106**, 15103– 15110; 2009)، كما أن نقل وتخزين المنتجات الجانبية للمأكولات البحرية من المصانع المختلفة سيكون على الأرجح بالغ الكلفة.

إضافة إلى ذلك.. تُعَدّ عملية تجفيف الأصداف القشرية ـ وهي عملية باهظة الثمن، ومستهلِكة للطاقة ـ عملية ضرورية؛ لمنع النمو البكتيري، وإنتاج الأفلاتوكسينات البكتيرية المسرطنة. وقد تنشأ مخاطر صحية أخرى من التراكم الحيوي للملوثات (مثل المعادن الثقيلة في الأصداف)، أو من انتقال المُمْرِضات عبر أنواع الكائنات المختلفة، وانتقال جزيئات البريون عبر السلسلة الغذائية (L. Cao *et al*. *Science* **347**, 133–135; 2015).

هونج-وي زياو، زن-جيانج جاو جامعة الصين الزراعية، بكين، الصين.
إيه. إس. موجومدار جامعة ميجيل، كيبيك، كندا.
xhwcaugxy@163.com

صمِّموا قوائم تناسب بيئات المستشفيات

يمكن التخفيف من مشكلات تكرار آثار تجارب قوائم مراجعة سلامة المرضى في الممارسات الروتينية، من خلال تصميم قوائم تناسب بيئات المستشفيات والفرق الطبية، كلّ على حدة (انظر: *Nature* **523**, 516–518; 2015)؛ فمقاتلة إف-16 لا يمكنها أن تعتمد على قائمة مراجعة وُضعت لقيادة طائرة «جامبو جيت» مثلًا.

جزء كبير من قوائم مراجعة السلامة الجراحية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية مثلًا لا يناسب عمليات جراحة قسطرة القلب، حيث لا تذكر التخدير الكلي، ولا فقدان الدم المتوقع.. لكن مراقبة وظائف الكُلى أمر مهم جدًّا فيها. لذا.. طُلب منا تصميم قائمة مراجعة خاصة؛ لإعلام فريق جراحات القلب بالخطة الموضوعة للعملية، وأي مشكلات محتملة. وحيث إن الأمر تدعمه الجمعية البريطانية للقلب والأوعية الدموية (www.bcs.com/checklist)، يتم تعديل القائمة بانتظام، استجابة لتقييمات المستخدمين.

إضافة إلى ذلك.. ستعمل قوائم المراجعة الإلكترونية الذكية على تحسين السلامة، من خلال تسليط الضوء على المخاطر الخاصة بكل مريض، والعمل كدليل إرشادي في حالات الطوارئ، وللتدقيق في الأخطاء السابقة التي مرّت بسلام.

توماس جيه كاهيل صندوق الخدمات الصحية الوطنية الخاص بمستشفيات جامعة أكسفورد، أكسفورد، المملكة المتحدة.
رود ستابلز مستشفى ليفربول لأمراض القلب والصدر، ليفربول، المملكة المتحدة.
thomas.cahill@cardiov.ox.ac.uk

ختم الموافقة على عمليات رصد المحيطات

نودّ أن نعلن أن نظام جُزُر الهادئ لرصد المحيطات قد صُدِّق عليه في شهر أغسطس الماضي، ليكون أول شريك إقليمي يحصل على عضوية كاملة في النظام الأمريكي المتكامل لرصد المحيط (IOOS). ويُعتبر هذا التصديق بمثابة تأكيد رسمي على جودة البيانات التي يتيحها هذا النظام، لصالح الجمهور والقطاع الخاص والأفراد. كما أنه يُعتبر مؤشرًا للمجتمع الدولي بأن الشركاء الإقليميين لنظام «IOOS»، الذين يأتون بالبيانات من المحيطات والبحيرات العظمى وسواحل أمريكا الشمالية، يلتزمون بالمعايير الصارمة لنظام الرصد، وأمن المعلومات،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وعملية إشراك العامة، والضوابط المالية.

يضم نظام (IOOS) شركاء فيدراليين وغير فيدراليين في استثمار حكومي أمريكي، تشترك فيه عدة وكالات، ويبلغ أكثر من 2 مليار دولار أمريكي سنويًّا، لتجميع وإتاحة بيانات المحيط، وتحسين القدرات التنبؤية.. فهو يحتوي على حوالي 10,000 مجموعة بيانات محيطية مميزة، وحوالي 4,000 خدمة تقدِّم بيانات عامة، وبيانات توصيفية، ومنتجات بيانات محَسَّنة لعشرات الملايين من المستخدمين الأمريكيين. فمثلًا، تُستخدم بيانات نظام (IOOS) في عمليات البحث والإنقاذ، ولضمان الاستخدام الآمِن للناقلات التجارية.

ويمكن إدخال تلك البيانات المعتمَدة في الأرشيف الأمريكي الراهن في المراكز القومية للمعلومات البيئية، واستخدامها دوليًّا مِن قِبَل نظام الاتصالات العالمي؛ من أجل الوصول إلى بيانات الأرصاد الجوية.

كريس إي. أوسترلاند جامعة هاواي في مانوا، هونولولو، هاواي، الولايات المتحدة الأمريكية.
كونراد سي. لوتيناخر جيو أوبتيكس، دنوودي، جورجيا، الولايات المتحدة الأمريكية.
chriso@hawaii.edu

انتفاضة جماهيرية في نشر العلوم

ينشئ المئات من الشباب العربي مبادرات للترويج للعلوم باللغة العربية، ومحو الأمية العلمية عبر الشرق الأوسط، بعيدًا عن رقابة وبيروقراطية الحكومة والسلطات الدينية (انظر: Nature Middle East http://doi.org/7p8; 2015). فهم ينشرون ويترجمون أخبارًا ومقالات علمية كل يوم، بما في ذلك موضوعات حول التطور، والثقافة الجنسية، وهي موضوعات تُعَدّ من المحرَّمات على نطاق واسع في عديد من المناطق في الشرق الأوسط. وتعمل عشرات الآلاف من التقارير والفيديوهات والرسوم البيانية التعليمية على تعميم طريقة تفكير أكثر موضوعية في المنطقة. وتعتمد الحركة على حشد المصادر من نطاق واسع من المتطوعين المثقفين، الذين يشرف عليهم علماء محليون.

وصلت هذه الانتفاضة إلى ملايين البشر في وقت قصير نسبيًّا. وقد احتفلت إحدى مجموعات توصيل العلوم ـ وهي مجموعة «الباحثين السوريين» ـ بوصول عدد متابعيها إلى مليون متابع على شبكة التواصل الاجتماعي «فيسبوك» في منتصف عام 2015 (www.syr-res.com). كما تُوجد مجموعة أخرى، تُسمى «السعودي العلمي»، لديها أكثر من 250 ألف متابع على وسائل التواصل الاجتماعي، وهي شريك تعليمي للنسخة العربية من دورية MIT للتقنية (*MIT Technology Review*).

معاذ الدهيشي جامعة كوينزلاند، هيرستون، أستراليا.
مهند مالك معهد بابراهام، كمبريدج، المملكة المتحدة.
dr.alduhishy@gmail.com

مشروعات المواطنين بإمكانها تقليل الصراعات

بإمكان برامج المواطنين العلماء المخطَّطة بشكل جيد أن تقلل من احتمال تضارب المصالح (*Nature* **524**, 265; 2015)، حيث إن برامج معينة، مثل برنامج «مسح تربية الطيور» البريطاني (go.nature.com/keyvpu)، الذي يديره الصندوق البريطاني لعلوم الطيور «بريتيش تراست»، يَستخدِم بروتوكولات صديقة للمتطوعين، ويحدد جمْع العينات في مواقع نموذجية؛ بغرض توحيد الْتِزامات المتطوعين. وبذلك يصبح المحفِّز الأساسي للراصدين هو ما إذا كانوا سيستثمرون ويشاركون في دراسة المسح، وليس ما إذا كانوا سيؤثِّرون في عملية اختيار البيانات التي سيتم تسجيلها.

إن المواطنين العلماء الذين يشاركون في تلك البرامج سيأتون على الأرجح بعملية رصد مجدية من حيث التكلفة على نطاق واسع، وسيحسِّنون من الفهم المجتمعي للقضايا العلمية.

جيمس بيرس هيجينز الصندوق البريطاني لعلوم الطيور «بريتيش تراست»، ثيتفورد، المملكة المتحدة.
james.pearce-higgins@bto.org

فك الغموض في انبعاثات الصين

باعتباري الرئيس السابق لمجموعة الخبراء الاستشارية، التي أنشأتها «اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ»؛ بغرض مساعدة الدول النامية على إنتاج قوائم جرد لانبعاثات الكربون، فإني أشكك في صحة المزاعم بأنّ حجم انبعاثات الصين من الفحم تم تضخيمه (انظر: *Nature* **524**, 276; 2015 and Z. Liu *et al*. *Nature* **524**, 335–338; 2015).

إن دقة التقديرات تعتمد بشكل كبير على تقديرات مُعامل الانبعاث الخاص بالفحم الذي تستخدمه الصين (ومُعامل الانبعاث هو كمية الكربون التي تتم أكسدتها لكل وحدة من الوقود يتم استهلاكها). وعلى سبيل المثال.. استخدم ليو وزملاؤه في التقرير مُعامِلات انبعاث، تم تقديرها من متوسط المحتوى الكربوني لعدة أنواع من الفحم الصيني، تتدرج ما بين عالي الجودة، ومنخفِض الجودة. وكتبوا في التقرير أن معاملات الانبعاث التي رصدوها أقل بنسبة 40% من القيم الافتراضية التي تُوصِي بها إرشادات الفريق الحكومي الدولي المعنيّ بتغيُّر المناخ «IPCC» لعام 2006. ورغم ذلك.. أرى أن مقارنتهم معيبة، لأن مُعامل فريق IPCC الذي استخدمه ليو وزملاؤه تُشتَقّ قيمته من فحم الكوك، الذي يحتوي على المزيد من الكربون، وبالتالي لديه معدَّل انبعاث أعلى من «متوسط» أنواع الفحم.

إضافة إلى ذلك.. فإن الاستنتاجات التي ساقها ليو وزملاؤه، ومفادها أن استخدامات الوقود الأحفوري في الصين بين عامي 2000، و2012 تتخطى الأرقام الرسمية بنسبة 10%، تبدو متضاربة مع تقديرات الانبعاثات التي قال الباحثون إنها أقل بنسبة 12% من حسابات الحكومة الصينية. فالحسابات الرسمية الأعلى للفريق كانت قائمة على معلومات من قاعدة البيانات الصينية لجودة الفحم، ومن عقود تجارة الفحم. وكل هذا الغموض يدعو إلى قرار واضح، لكي تُعرَف تقديرات انبعاثات الصين بدقة.

فاي تنج جامعة تسينجوا، بيكين، الصين.
tengfei@tsinghua.edu.cn

قانون «الانفتاح» الأمريكي

إن قانون الولايات المتحدة لعام 2015 لإصلاح سِرِّيَّة العلوم يضع شفافية العلوم البيئية تحت الأضواء (D. Sarewitz *Nature* **525**, 159; 2015)، لكنه قد يؤدي في النهاية إلى إضعاف قوانين البيئة، بدلًا من تقويتها. بالطبع نتفق على أنه كلما أمكن الإفصاح عن البيانات العلمية، وجب القيام بذلك، ولكن مشروع القانون بصيغته الحالية سيمنع الوكالات من استخدام أفضل العلوم المتاحة لحماية الصحة العامة، فهو ينص على ضرورة ألّا تتبنى وكالة حماية البيئة الأمريكية قواعد جديدة، إلا بعد إتاحة البيانات الأولية حول التلوث للجمهور، بما في ذلك تأثيراتها على الأفراد. ويتمثل التناقض هنا في أن الوكالة ممنوعة ـ بوجه حق ـ من الكشف عن أي معلومات سرية مثل تلك.

وقد أثارت وكالة حماية البيئة مرارًا هذه المخاوف، لكن رعاة مشروع القانون لم يضعوها قيد الاعتبار. وأنا أتفق مع الناقدين الذين استنتجوا أن النِّيَّة الفعلية قد تكمن في إضعاف القوانين البيئية. فهؤلاء الساسة الذين يخبئون خياراتهم السياسية وراء الحجج العلمية يجب أن تتم محاسبتهم.

أندرو روزنبرج اتحاد العلماء المعنيين، كمبريدج، ماساتشوستس، الولايات المتحدة الأمريكية.
arosenberg@ucsusa.org

مبادرة مجتمعية تعالج الاحترار الحضري

تقوم مبادرة مجتمعية بتجميع البيانات حول أشكال الحضر ودوره، بغرض مساعدة المدن في جميع أنحاء العالم على وضع خطط خاصة بها للتكيف الحراري (انظر: *Nature* **524**, 402–404; 2015). وتسمى المبادرة قاعدة بيانات الحضر العالمية، وأدوات بوابة الوصول (WUDAPT; www.wudapt.org).

ويستخدم خبراء الحضر صور القمر الصناعي «لاندسات» المتاحة مجانًا؛ لتحديد مناطق المناخ المحلية عبر المدن ودراستها (انظر كذلك: B. Wake *Nature Clim. Change* **2**, 487; 2012).

ويقوم المواطنون العلماء بجمع معلومات حول مواد البناء ووظائفها، وتشكُّل المساحات الطبيعية، وأنواع الحياة النباتية.

إن بيانات قاعدة البيانات WUDAPT المتاحة الوصول، وواسعة النطاق، ستعطي توصيفًا موحدًا للمدن الكبرى في العالم، وكذلك ستعطي مدخلات بيانات مفصلة لنماذج المناخ الحضري. وسيصبح مخططو المدن وواضعو نماذج المناخ مجهَّزين بأوضاع حَدِّيَّة دقيقة، لدراسة مجموعة من سيناريوهات التعديل والتكيف. ومن بين التطبيقات الأخرى، وعمل نماذج لتأثيرات التغييرات على البِنْيَة التحتية للطاقة، وتحسين تقييم انبعاثات الغازات الدفيئة، من خلال استخدام حسابات أَدَقّ.

ليندا سي المعهد الدولي لتحليلات الأنظمة التطبيقية، لاكسنبرج، النمسا.
جيرالد ميلز جامعة كلية دبلن، أيرلندا.
جاسون شينج جامعة نورث كارولينا، شابل هيل، الولايات المتحدة الأمريكية.
see@iiasa.ac.at

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أوليفر ساكْس

(1933–2015)

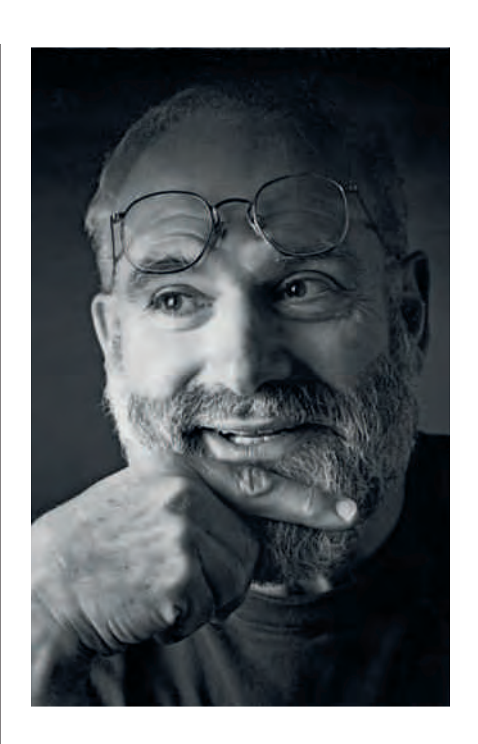
طبيب الأعصاب الذي قام بزيارات منزلية.

كَتَبَ دانتي ذات مرة أن المرحلة الأخيرة في الحياة تبدو كسفينة تخفض أشرعتها تدريجيًّا في طريقها نحو الميناء. إنها صورة هادئة للغاية، وهي مخالفة تمامًا لما اتسم به العقد الأخير من حياة ساكْس. فلم يمنعه تداعي صحته من إضافة أربعة كتب إلى مجموع كتاباته المدهشة: «الولع بالموسيقى» *Musicophilia* (2007)، و«عين العقل» *The Mind's Eye* (2010)، و«الهلاوس» *Hallucinations* (2012). ومنذ أشهر فحسب، نُشر كتابه «على الطريق» *On the Move*، الذي يُعتبر تتمة صادقة لمذكرات طفولته في كتاب «العم تنجستن» *Uncle Tungsten* (2001)، بجانب العديد من الكتب التي قاربت على الاكتمال.

توفي أوليفر وولف ساكْس في مدينة نيويورك في 30 أغسطس الماضي. وقد وُلد في لندن عام 1933، وسط عائلة يهودية كبيرة. عمل والده طبيبًا عامًّا، وعملت والدته طبيبة جراحة، بينما كان أعمامه وعماته مخترعين ومخترعات، وكيميائيين وكيميائيات، وأطباء وطبيبات. فقد أَمَدَّتْه نشأته بإحساس أنه من واجب هذه العائلة أن تكون «علمية». وفي عام 1939، مع بداية الحرب العالمية الثانية، أرسلته أسرته إلى مدرسة داخلية في وسط الأراضي الإنجليزية. قضى ساكْس هناك أربع سنوات مريرة، فقد كان يفضل أن يعيش في خطر مع عائلته، على أن يكون آمنًا بعيدًا عنهم. لقد أخافته تلك التجربة طيلة حياته.. «أن تُرسَل بعيدًا». وهكذا، وضعها بعد 75 عامًا كجملة افتتاحية في كتابه «على الطريق».

اجتمع شمل العائلة ثانيةً في عام 1943. كان ساكْس مولعًا بالكيمياء، وعلى الرغم من اختياره لدراسة الطب في نهاية المطاف، فإن التأمل في الجدول الدوري ظل قادرًا على تهدئته في أوقات الاضطراب. درَس ساكْس في كلية كوينز بجامعة أكسفورد في المملكة المتحدة، وأصبح مؤهلًا للعمل كطبيب في عام 1958. وقد ترك الولايات المتحدة في بداية الستينات، وبدأ خمس سنوات في التدريب الطبي، الذي تخلَّلته قيادة الدراجات البخارية، والتمرين في الصالات الرياضية، وتجريب الأمفيتامينات، ورفع الأثقال في ماسل بيتش بولاية كاليفورنيا. وعندما قضى فترة في معمل الكيمياء الحيوية، انتهى الأمر بتكرار صدى الكلمات التالية «ساكْس.. أنت خطر على المعمل! لماذا لا تذهب لرؤية بعض المرضى، لتكون أقل ضررًا». وقرر بالفعل أن يفعل ذلك.. ففي عام 1965، تولَّى الاستشارات بمستشفى بيث أبراهام في برونكس بولاية نيويورك.

وقد واجه في عنابر تلك المستشفى حوالي 80 ناجيًا من وباء «التهاب الدماغ السباتي» في العشرينات، إذ وجدهم في حالة شبه متجمدة، على الأرجح في حالة تصلُّب «باركنْسوني». ونجحت جرعات عالية من عقار L-dopa (الذي يعالِج مرض باركنسون) في «إيقاظهم» من سباتهم، لكنهم ـ حسب تعبيراتهم عما يحبونه ويكرهونه، وعن خبراتهم ـ استيقظوا في حالة عقلية تنتمي إلى 40 عامًا مضت، وفي عالَم لم يَعُد عالَمهم. وأخذ ساكْس ملاحظات من ردود أفعال متنوعة بين مرضاه، مَكَّنَتْه من تحويل ما كان يعتزم أن يكون تجارب إكلينيكية مزدوجة التعمية، إلى سلسلة من تاريخ الحالات، وقد نُشرت ملاحظاته وتجاربه في عام 1973 في كتاب «فترات الصحوة» *Awakenings*.



ELENA SEIBERT/CORBIS OUTLINE

أَرْسَل عالِم الأعصاب الروسي ألكسندر لوريا رسالة إلى ساكْس، بعد قراءته لكتاب «فترات الصحوة»، حيث امتدح فيها مهارة ساكْس في الملاحظة والوصف، لأنها ذكَّرته بالتقليد الذي يعود إلى القرن التاسع عشر، وهو أسلوب السرد في الكتابة عن الحالات المَرَضية. وقد كشَف الكِتاب عن الكثير مما يُعَدّ من آثار ساكْس. كما كان عمله هذا موجهًا نحو الحالات المَرَضية، أكثر من توجهه لعموم الناس، واتسم بالوصفية والحميمية، بدلًا من الانفصال. كما أنه كتب كتبًا، ولم يكتب سلسلة من البحوث في دوريات علم الأعصاب. ولهذا.. فقد أضاف توجهًا فريدًا لزيارات الطبيب المنزلية، حيث إنه حاول مقابلة «مرضاه» في بيئتهم الطبيعية. فعلى سبيل المثال.. شاهد جرّاحًا مصابًا بمتلازمة «توريت»، وهو يُجرِي عملية جراحية. كما زار تيمبل جراندين ـ المصابة بالتوحُّد ـ في مكتبها في قسم علوم الحيوان بجامعة ولاية كولورادو في فورت كولينز، وانغمس في عالَم ثقافة الصُّم.

جذب تاريخ الحالات في كتابه «الرجل الذي حسب زوجته قبعة» *The Man who Mistook His Wife for a Hat* (1985) جمهورًا عالميًّا لساكْس، كما ساعده في إبراز سمعته العلمية. كما تأثر بطبيب الأعصاب الألماني كيرت جولدشتاين، وألهمه التفكير في الأمراض العصبية كتحديات لإيجاد توازن جديد. فالأشخاص يمرون أثناء عملية الاستجابة للإصابة بجرح أو مرض بحالة من التكيُّف، أو إعادة الترتيب، وفي كثير من الأحيان يحدث إيقاظ للقوى الداخلية التي كانت خاملة من قبل. ووفقًا لما ذكره ساكْس، فإن وظيفة الطبيب هي مساعدة مرضاه في ترتيب حياتهم من جديد، بأن يكون حساسًا لتوجُّهاتهم المتغيرة.

وكما أشار ساكْس في كتابه «على الطريق»، فإن نشأته في وقت كانت المثلية الجنسية فيه مدرَجة ضمن الأمراض العقلية في الرابطة الأمريكية للطب النفسي، نَبَّهَتْه إلى العواقب الضارة في بعض الأحيان للتصنيف النفسي. وعوضًا عن حبس الأفراد في «حالة» بعينها، فقد تبَنَّى نظرة متفائلة بالتفاته إلى المزايا، بدلًا من أوجه العجز، وأحيانًا ما تتخطى تلك المزايا المرض الأصلي. وفي حالات كثيرة، كان لهذا تأثير شافٍ.. حيث يمكن لأحدهم أن يظل جرّاحًا مع إصابته بمتلازمة «توريت»، أو يمكن أن تكون مصابًا بالتوحُّد، مثل جراندين، وتتخذ مسارًا مهنيًّا في العلوم. فقد فكر ساكْس بعمق من منظور التنوع العصبي ـ فكرة أن الحالات المرضية تنتج عن تنوع طبيعي ـ قبل أن يشيع ذلك المصطلح بين هؤلاء الذين ابتعدوا عن المنظور الطبي لمرض التوحد.

لقد رأى ساكْس نفسه راويًا للقصص، وليس واضعًا للنظريات. وكان كثيرًا ما يقول إنه سيكون سعيدًا بتقديم توثيق الحالات التي قد يتمكن الآخرون من استخدامها لاستنباط نظريات عامة، لكن كل قصة بالطبع تُعتبر نظرية في حد ذاتها. وعلى غرار جولدشتاين، ولوريا مِن قَبْله، كان توثيقه للحالات يدعم نظرية أن المخ ـ كعضو ـ ينبغي فهمه بنظرة شاملة على أنه كيان حي قادر على التكيف والتعويض. وعلى الرغم من أن أوليفر لا يُعَدّ مخترع السرد العصبي، إلا أن نجمه لمع بكل تأكيد، وسيبقى ما تركه آمنًا مستقرًا في قلوب وعقول ملايين من القراء، ولعقود عديدة.

ذات مرة في إحدى المحادثات، ذَكَرْتُ العديد من درجاته الفخرية، وجوائزه، وزمالاته العلمية، لكنه سرعان ما رفع يده مستوقفًا إيّايَ، وقال ببساطة إنه يعتقد أنه كان طبيبًا جيدًا. لقد شعر أن والديه عرفا أنه كان طبيب أعصاب دقيقًا ومتبصرًا. وحتى بعد أن تخطَّى الثمانين من عمره، كان طموحه الأبرز في الحياة أن يكون ابنًا صالحًا. ■

دوي درايزما أستاذ تاريخ علم النفس بجامعة جرونينجن في هولندا. قام بإجراء مقابلة مع أوليفر ساكْس في عام 2005، ونُشرت في كتابه «مصنع الحنين إلى الماضي» *The Nostalgia Factory*، وظل على تواصل معه.
البريد الإلكتروني: d.draaisma@rug.nl

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحاث

أنباء وآراء

REF. 10

الشكل 1 | مجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت (WLM) القزمة. أعلن روبيو وزملاؤه[1] أن السُّحب الكثيفة التي تحتوي على غاز أول أكسيد الكربون في هذه المجرّة (غير المرئية هنا) تتصف بخواص فيزيائية مشابهة لخواص مثيلاتها في مجرّة درب التبانة، برغم ندرة العناصر الأثقل من الهيليوم فيها. وتقع تلك السُّحب ضمن حضانات نجمية موسّعة من غاز بارد تصعب رؤيته. وفي هذه الصورة المركبة لمجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت، تُشع النجوم حديثة الولادة، كبيرة الكتلة، المولودة في هذه السحب بالجزء الأكبر من الضوء فوق البنفسجي (الظاهر باللون الأزرق)، وتشع جميع النجوم بالضوء المرئي (الظاهر باللون الأخضر). أما المخزون الكبير من الغاز بين النجمي الدافئ، الذي لم يكوِّن نجومًا بعد، فيصدِر إشعاعًا في مجال الأمواج الراديوية (الظاهر باللون الأحمر).

فيزياء فلكية

نظرة في حَضانة نجمية بدائية

الصور الأولى الواضحة للحضانات النجمية في المجرّة المحلية الفقيرة بالعناصر الأثقل من الهيليوم، تعطي أفضل تصوُّر حتى الآن لظروف تكوّن النجوم في بدايات خلق الكون.

آدم لِرُويْ

يُطْلِق الفلكيون على العناصر الأثقل من الهيدروجين والهيليوم مسمّى «معادن»، وهي تمثل نسبة ضئيلة من كتلة المواد، حيث تكوّن ـ على سبيل المثال ـ نحو 2% فقط من المادة بين النجمية المجاورة للشمس؛ أكثرها وفرة في تلك المادة هما عنصرَا الأكسجين، والكربون، إذ لا تتناسب كميّتهما المنخفضة مع دورهما في تحفيز عملية ولادة النجوم. وفي هذا الصدد، يقدّم روبيو وزملاؤه[1] أولى الصور المُستبانة بشكلٍ جيد للحضانات النجمية المحتوية على نسب ضئيلة من تلك المعادن، الموجودة في مجرّة قزمة قريبة، من خلال تسجيل الخطوط الطيفية التي يصدِرها غاز أول أكسيد الكربون (CO)؛ ومن ثم ترشح النتائج تلك الطريقة كأداة تشخيص للبحث في العلاقة بين المحتوى المعدني، وعملية تكوُّن النجوم في المنظومات شديدة الافتقار إلى تلك العناصر.

تتشكَّل النجوم من سُحُب كثيفة باردة من الهيدروجين الجزيئي (H_2)، حيث تعمل المعادن فيها كمبرِّدات، تساعد الغاز في الوصول إلى درجات حرارة منخفضة، وتسهِّل انهياره إلى التكاثف ما قبل النجمي. وتكوِّن المعادن أيضًا الغبار الموجود بين النجوم، الذي يحجب الحضانات النجمية عن ضوء النجوم الذي قد يكسِّر الجزيئات، ويُسخِّن الغاز.

تُنتَج هذه المعادن بداخل النجوم؛ فإذا ما مات النجم وانفجر؛ امتزج بعض من المعادن المنتجة حديثًا مع الغاز بين النجمي. لذا.. فإن عملية ولادة وموت الأجيال المتعاقبة من النجوم تؤدي إلى إثراء الوسط بين النجمي تدريجيًّا بالعناصر الثقيلة، التي بدورها تساعد في تكوُّن نجوم جديدة. وباتباع هذا المنطق، ربما تكون الأجيال الأولى من النجوم قد تكوَّنت في حضانات نجمية احتوت على قليل من المعادن، مقارنةً بمجرّة درب التبانة، أو ما شابهها من المجرّات الحالية. لذا.. ولفهم تكوُّن النجوم والمجرّات الأولى، يجب على الفلكيين قياس كيفية تأثير النسبة المعدنية المنخفضة على عملية تكوين النجوم، وهو ما يطمحون إليه بالفعل من خلال دراسة أقل المجرّات كتلةً في الكون الحالي ـ المجرّات القزمة ـ التي لا يُعتقد أنها قد نشأت حديثًا؛ ولذا.. فهي تُعتبر شبيهات غير مثالية للمنظومات البدائية النائية. ونظرًا إلى عدم فعاليتها في تكوين النجوم وجاذبيتها الضعيفة (حيث يمكن للنجوم المتفجرة فيها أن تقذف بعناصر ثقيلة إلى خارج المجرّة الصغيرة كليًّا)، فإنها تفتقر إلى العناصر الثقيلة. ومن ثم، يستعملها الباحثون بوصفها «مختبرات» محلية؛ لاستقصاء كيفية تأثير نقص المعادن في تكوُّن النجوم وسط سُحُب الغاز بين النجمي.

إنّ رصد الهيدروجين الجزيئي ـ الذي يمثل الجزء الأكبر من الغاز الكثيف البارد الموجود في تلك السحب ـ مباشرةً أمر صعب، ما يدفع الفلكيين إلى رصد مواد تعقُّب جزيئية ممتزجة معه، تُستعمل بصماتها الطيفية لاستنتاج كمية الهيدروجين الجزيئي بشكل غير مباشر. ومادة التعقب الرئيسة هنا هي غاز أول أكسيد الكربون، وهو ثاني أكثر الجزيئات بين النجمية وفرة[2]، ويوجد في الوسط بين النجمي، خاصةً في المناطق التي يوجد فيها غبار يكفي لحجب ضوء النجوم عنه. ويُدرّس هذا الغاز من خلال قياس انبعاثه في مجال أطوال الموجات المليّمترية القابلة للكشف بالمناظير الإشعاعية. وفي مجرّات كمجرّة درب التبانة، حيث يكثر الغبار ويمتزج أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين الجزيئي بشكل جيد، يتكون الغبار وأول أكسيد الكربون نفسه من عناصر

ثقيلة؛ ولذا.. فإن الانبعاثات الصادرة من أول أكسيد الكربون تكون خافتة في المجرّات ذات المحتوى المعدني المنخفض. وثمة تاريخ طويل من عمليات البحث عن أول أكسيد الكربون في المجرّات القزمة، بغرض فهم الحضانات النجمية منخفضة المعادن. وعلى مدار عقود، بقيت سحابة ماجلّان الصغرى (وهي مجرّة قزمة تابعة لدرب التبانة)، وبضعة مجرّات مشابهة أخرى، أكثر المنظومات الفقيرة بالمعادن التي اكتُشفت فيها حضانات نجمية عن طريق انبعاثات أول أكسيد الكربون؛ التي قد تبين[3] أن الحد الفعلي من المعادن الذي يسمح بالكشف عنها هو حوالي خُمس المحتوى المعدني الخاص بمجرّة درب التبانة. ومن ثم، انعدمت ـ إلى حد بعيد ـ المعرفة المباشرة بالحضانات النجمية في المجرّات ذات النسبة المعدنية الأقل من هذا الحد.

وقبل عامين، استعمل باحثون من مجموعة روبيو وزملائه منظار تجربة مستكشف آتاكاما (Atacama Pathfinder Experiment) في شيلي؛ لاختراق هذا «الحد المعدني»[4]؛ فرصدوا انبعاثات أول أكسيد الكربون من مجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت (Wolf–Lundmark–Melotte; WLM) القزمة، المنتمية إلى مجموعة المجرّات المحلية نفسها التي تتضمن مجرّة درب التبانة (الشكل 1). تتصف تلك المجرّة بمحتوى معدني[5] يساوي فقط نحو عُشر مثيله في مجرّة درب التبانة، ونحو نصف مثيله في المجرّة التي تحمل الرقم القياسي السابق[6]، ورُصدت فيها انبعاثات أول أكسيد الكربون. ومن ثم، بيَّن الباحثون أن الانبعاثات المرصودة في مناطق تكوُّن النجوم في مجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت كانت ضئيلة جدًّا، مقارنة بتلك الصادرة من مواد التعقب الأخرى الغازية وغيرها؛ ما يعني أن جزيئات أول أكسيد الكربون المرصودة فيها تشير فقط إلى الأجزاء الأكثف والأقل شفافية في حضانة نجمية موسّعة.

أما روبيو وزملاؤه، فهم يستخدمون الآن أقوى منظار أطوال أمواج ملِّيمترية في العالم، هو مصفوفة آتاكاما المليّمترية/دون المليّمترية الكبرى - ألما (ALMA) - وذلك لاستبيان صور جيدة لتلك المناطق في مجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت. وبشكل مذهل، تكشف صور انبعاثات أول أكسيد الكربون المستبانة أن الحضانات ما هي إلّا تكتلات صغيرة، يُفترض أنها تمثل فقط الأجزاء الأكثف في سُحب تكوين النجوم (انظر الشكل 1 في بحث روبيو وزملائه[1])؛ على عكس الحال في مجرّة درب التبانة، حيث تتخلل انبعاثات أول أكسيد الكربون جميع مناطق تكوُّن النجوم، كسحابة الجوزاء الجزيئية[8,7] مثلًا. ومكَّنت الصورُ المؤلفين من قياس حجم السحب التي تصدِر أول أكسيد الكربون مباشرةً (والتي يساوي عرضها نحو 3 فراسخ فلكية)، وكذلك طاقات السحب الحركية، حيث تستطيع المناظير الإشعاعية تعقُّب حركة غاز أول أكسيد الكربون من خلال قياس انزياح ترددات خطوط انبعاثه نسبةً إلى قيمه في حالة السكون (وهو ما يسمّى "تأثير دوبلر"). وعلى أساس هذه القياسات، يجادل روبيو وزملاؤه بأن الخواص الفيزيائية (الكثافة والضغط والجاذبية الذاتية) لتلك السحب تماثل تلك الخاصة بالتكتلات المشابهة في الحجم، الموجودة في المناطق المحلية الأخرى الغنية بالمعادن، كالمنطقة المجاورة للشمس مثلًا، برغم أن معظم سحابة تكوين النجوم في مجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت يُعتبر غير موجود، حسب قياس انبعاثات أول أكسيد الكربون منها.

يجادل المؤلفون بأن هذا التشابه في الخواص الفيزيائية يساعد في تفسير التشابه بين مجموعات النجوم المولودة في مجرّات فقيرة بالمعادن، وتلك الموجودة في المنظومات الأقل تطرفًا. وبالتالي فهُم يقترحون أن التأثير الأول لافتقار مجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت للمعادن هو حجب معظم كتلة السحابة عن الرؤية بواسطة غاز أول أكسيد الكربون. وتعني قلّة الغبار في تلك المجرّة أن أفضل مادة تعقب متاحة لدينا للهيدروجين الجزيئي موجودة في عمق السحابة فقط، وربما لا يختلف بشكل كبير سلوك معظم الهيدروجين الجزيئي عن سلوكه في المجرّات «العادية» الأخرى. ويتفق ذلك ـ نوعيًّا على الأقل ـ مع المحاكاة والتنبؤات النظرية لسلوك أول أكسيد الكربون والهيدروجين الجزيئي في المجرّات الفقيرة بالمعادن[9]. كما يتوقع المؤلفون أنه يمكن للحجم الصغير لتلك التكتلات الملتفة بالغبار، التي تصدِر غاز أول أكسيد الكربون، أن يفسر ندرة المجموعات النجمية كبيرة الكتلة في المجرّات الصغيرة المنعزلة.

تلقِي الدراسة الحالية الضوء على نهج متغير لدراسة عملية تكوُّن النجوم في المنظومات ذات النسبة المعدنية المنخفضة. فقد بدأت المناظير الحديثة بقياس طاقات الحضانات النجمية الفقيرة بالمعادن، وكثافاتها وطبيعتها المضطربة، ما يعد بتقدم هائل عن مجرد تصيُّد إصدارات أول أكسيد الكربون الخافتة في مثل تلك المنظومات. كما يعمل مرصد ألما الآن بشكل مستمر، ونتوقع أن نرى تطورات مثيرة في هذا المجال خلال السنوات القادمة.

لكن تظل المشكلة الجوهرية في عدم معرفة مقدار غاز الهيدروجين الجزيئي الموجود في المنظومات الفقيرة بالمعادن مشكلة شاقة، خاصة في ضوء هذا الاكتشاف المثير بأن غاز أول أكسيد الكربون يحتل فقط جيوب صغيرة من الغاز الكثيف بداخل حضانات نجمية موسّعة. لذا سوف تكون ثمة حاجة إلى أرصاد عالية الدقة لمواد تعقب غازية أخرى، بما فيها الكربون المتأيِّن والمحايد، وأرصاد للغبار (الذي يُدرس من خلال قياس الأشعة تحت الحمراء المنبعثة منه، ومقدار حجبه للضوء النجمي)، من أجل تحديد بنية السحب الفقيرة بالمعادن بالتفصيل. استقصى روبيو وزملاؤه بالفعل تلك المواد الأخرى، لكن بدقة منخفضة فقط، لا تتوافق مع ضقة رصد السحب الصغيرة التي تصدر غاز أول أكسيد الكربون في مجرّة وولف-لوندمارك-ميلوت.

الجدير بالذكر في النهاية أنه لم تُقَس حتى الآن سوى حفنة من السُّحب فقط ضمن منظومة واحدة، لكن يمكن لعملية تكوُّن النجوم أن تكون عنيفة وعشوائية في نطاقات الحيز الضيقة. وسوف يصبح من المثير أن نرى إنْ كانت تلك النتائج الأولى مؤشرًا فعليًّا لمجموعة أوسع من السُّحب في مجرّات أخرى منخفضة المعادن، أم لا. ■

آدم لِرُويْ يعمل في قسم علم الفلك بجامعة ولاية أوهايو، كولومبس، أوهايو 43210، الولايات الأمريكية المتحدة.
البريد الإلكتروني: leroy.42@osu.edu

1. Rubio, M. *et al. Nature* **525,** 218–221 (2015).
2. Bolatto, A. D., Wolfire, M. & Leroy, A. K. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **51,** 207–268 (2013).
3. Taylor, C. L., Kobulnicky, H. A. & Skillman, E. D. *Astron. J.* **116,** 2746 (1998).
4. Elmegreen, B. G. *et al. Nature* **495,** 487–489 (2013).
5. Lee, H., Skillman, E. D. & Venn, K. A. *Astrophys. J.* **620,** 223–237 (2005).
6. Israel, F. P., de Graauw, Th., van de Stadt, H. & de Vries, C. P. *Astrophys. J.* **303,** 186 (1986).
7. Wilson, B. A., Dame, T. M., Masheder, M. R. W. & Thaddeus, P. *Astron. Astrophys.* **430,** 523–539 (2005).
8. Buckle, J. V. *et al. Mon. Not. R. Astron. Soc.* **401,** 204–222 (2010).
9. Glover, S. C. O. & Clark, P. C. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **426,** 377–388 (2012).
10. Hunter, D. A. *et al. Astron. J.* **144,** 134 (2012).

علم الغلاف الجوي

جسيمات رذاذ البحر تتسبب في تجمُّد السُّحُب

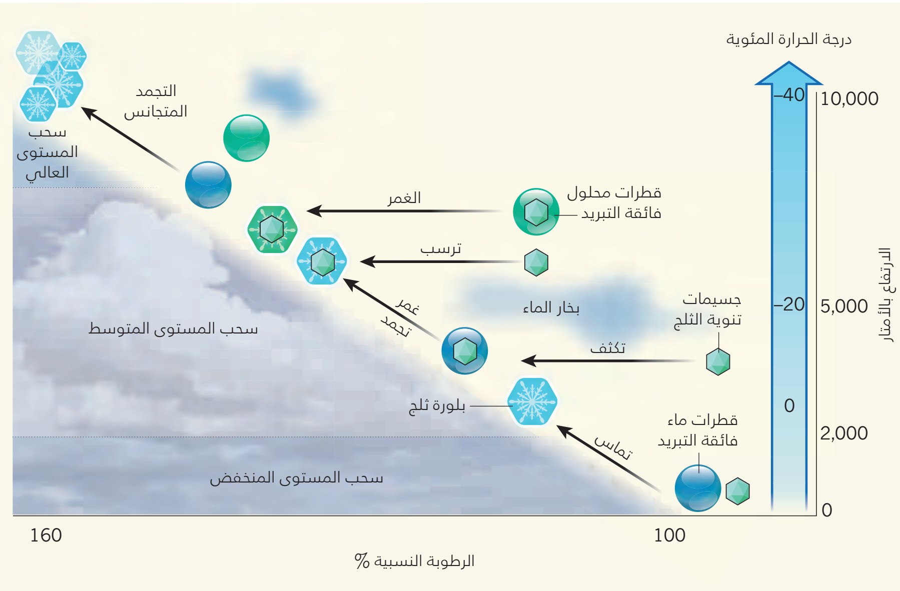
قد تتكون السحب الثلجية عند الارتفاعات العالية في المناطق البحرية في هواء أكثر دفئًا وجفافًا مما كان يُعتقد سابقًا، وهذا بسبب التجمد الذي تتسبب فيه الجسيمات المحمولة عن طريق الهواء التي تحتوي على مواد عضوية من مياه المحيط السطحية.

لين راسل

تغطي المحيطات ثلثي مساحة سطح الأرض، كما أنها تتكون بالكامل تقريبًا من الماء والأملاح غير العضوية[1] الموزعة بانتظام. وتتكون النسبة الأقل من 1% المتبقية من مياه المحيط من مواد عضوية ذات تركيز يختلف مع تباين الزمان والمكان[2]، وذات تكوين ظل مجهولًا بدرجة كبيرة، إلا أنها قد تكون المكون الأساسي الذي يتسبب في تكوُّن الثلج في الغلاف الجوي. يذكر ويلسون وزملاؤه[3] أن المواد العضوية الموجودة في المليّمترات العليا من مياه المحيط تمتلك الخواص الأساسية الضرورية لتكوين البلورات التي يحتاج إليها الغلاف الجوي لتجمُّد المياه وتكوين السحب الثلجية فيه، وهي العملية التي تُعرف باسم (تنوية الثلج). وقد تساعد هذه النتائج في إعادة تعريف تنبؤات تغيرات المناخ في المستقبل.

يُعتبر تكون الثلج في السحب أمرًا مهمًّا لعمليات الترسيب، لأنه يؤثر على الطقس، وعلى مكان وزمان هطْل المطر، أو سقوط الثلج أو الجليد من السُّحب. وتقوم النماذج المناخية بحساب زمان ومكان السُّحب الثلجية، والترسيب المرتبط بها بصورة جزئية، على أساس أنواع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | تكون الثلج في السحب. تعتمد العملية الأساسية لتكون الثلج في الغلاف الجوي على درجة الحرارة (التي تتغير بتغير الارتفاع)، وعلى الرطوبة النسبية التي يتكون عندها الثلج. وفي سُحُب المستوى المنخفض ذات الأطوار المختلطة (التي تتكون من قطرات الماء، وبعض جسيمات الثلج)، قد يحدث التجمد بدرجة أكبر فعالية، حينما تتماس قطرات الماء فائقة التبريد مع الجسيمات التي تقوم بعملية تنوية الثلج (INPs). وفي السُّحُب الثلجية متوسطة المستوى ذات الأطوار المختلطة، يتكثف بخار الماء على الجسيمات التي تقوم بعملية (تنوية الثلج)، أو تصبح هذه الجسيمات مغمورة بقطرات الماء، وينتج عن ذلك تكوين بلورات الثلج. كما يمكن أن تتكون بلورات الثلج أيضًا حينما يتم غمر هذه الجسيمات في قطرات فائقة التبريد من محاليل (على سبيل المثال: الملح، أو المواد العضوية)، أو عن طريق الترسب المباشر للثلج على هذه الجسيمات، بينما تحتوي السحب الثلجية في المستوى العالي على الثلج الذي يتكون "بصورة متجانسة" حينما تتجمد القطرات فائقة التبريد، أو عندما يتبلر بخار الماء، إذا لم توجد الجسيمات التي تقوم بعملية (تنوية الثلج). يذكر ويلسون وزملاؤه[3] أن الجسيمات الناتجة من سطح المحيط تستطيع القيام بعملية تنوية الثلج. (هذا الشكل مأخوذ من المرجعين 4، 5).

وتركيزات الجسيمات التي يُعتقد أنها موجودة في الغلاف الجوي. فعلى سبيل المثال.. يتحتم أن تنخفض درجة الحرارة إلى ما يقارب 40 درجة مئوية تحت الصفر، وأن تصل درجة الرطوبة -بالنسبة إلى قيمتها التي يمكن أن يتكون فيها الثلج عند درجة الحرارة المعينة- إلى ما يزيد على 100%، كي تتجمد المياه في الغلاف الجوي، إذا لم تكن هناك جسيمات يمكن أن تتسبب في عملية تنوية الثلج[4,5]، إلا أن نوعًا مختلفًا من الجسيمات يستطيع أن يحفز حدوث التجمد، حينما لا يصل الهواء إلى درجة الحرارة أو الرطوبة المذكورة، حيث إنه إذا تماسّت هذه الجسيمات مع قطرات الماء فائقة البرودة، أو غمرت فيها (وهي القطرات التي تم تبريدها بحيث وصلت درجة حرارتها إلى قيمة تقل عن درجات حرارة التجمد المثالية)، أو إذا ما تكثفت المياه على هيئة جسيمات، أو عن طريق الترسب المباشر للثلج من بخار الماء على الجسيمات، قد يحدث التجمد بدرجة أكبر فاعلية (الشكل 1).

يقدم ويلسون وزملاؤه أدلة على أن الجسيمات البحرية تستطيع أن تدعم تكوُّن السحب الجليدية في مواضع أو أوقات المحددة من العام، تتضاءل فيها كميات الغبار، بحيث لا تستطيع التسبب في تجميد الثلج بفعالية. ولكي يصلوا إلى هذه النتائج، قام هؤلاء الباحثون بجمع عينات من مياه البحر السطحية باستخدام مجموعة من التقنيات، كما قاموا باستخدام الفحص المجهري بالأشعة السينية؛ كي يتعرفوا على التكوين الكيميائي للمادة العضوية في المياه، ويراقبوا تجمد القطرات (في البحر وفي العينات التي قاموا بالعمل عليها في المختبر).

يؤدي انفجار الفقاعات عند سطح المحيط إلى إدماج المادة العضوية الموجودة في سطح المحيط في الجسيمات التي ترتفع عاليًا إلى الغلاف الجوي، كما أن لهذه الجسيمات دورًا أكبر في تكوين السُّحُب الثلجية عما كان يُعتقد سابقًا، استنادًا إلى حسابات النماذج المناخية. وأوضح ويلسون وزملاؤه أنه عندما يتم تمثيل مقدرة المواد العضوية على تكوين الثلج في النماذج[6] التي تقيس تأثيرات جسيمات رذاذ البحر على محاكاة المناخ العالمي، فإن الجسيمات البحرية تسهم بدرجة أكبر في عملية تنوية الثلج في مناطق الارتفاعات العالية التي توجد بها كمية ضئيلة من جسيمات الغبار التي يحملها الهواء، مقارنة بما كان يُعتقد سابقًا. وإذا اتفق وكانت هذه النتائج ممثلة للمواد ذات المنشأ البحري، التي يحملها الهواء في جميع أنحاء العالم، فإن تكوُّن السحب الجليدية في نماذج محاكاة المناخ سوف يتغير بصورة جذرية. تقترح نماذج الباحثين أن هذه التغيرات سوف تكون أكثر وضوحًا عند الارتفاعات العالية التي تحتوي على مساحات قارية ومناطق صحراوية محدودة، مثل شمال المحيط الهادئ، والمحيط الأطلنطي، والمحيط الجنوبي.

ونتيجة لإجراء قدر ضئيل فحسب من القياسات المتعلقة بخواص عملية تنوية الثلج على طبقات سطح المحيط، فإن النموذج الذي استخدمه الباحثون يستنبط الصورة العالمية بالضرورة من عدد محدود من العينات من المياه السطحية للقطب الشمالي، وكذلك شمال المحيطين الهادئ والأطلنطي. ولكي تتم تنقية هذه النتائج، ينبغي أن يتم تحديد الدرجة التي تختلف بها الجسيمات العضوية المأخوذة -على سبيل المثال- من المياه السطحية للمحيط الجنوبي، عن الجسيمات البحرية المأخوذة من خطوط عرض أخرى. كما يمكن أيضًا أن يتم تحسين جودة المحاكاة عن طريق تحديد الدوافع الموسمية، والبيولوجية الكيميائية الحيوية، التي تغير خواص تجمد المادة العضوية البحرية والجسيمات التي تتكون منها. كذلك هناك ثمة حاجة إلى رصد طويل المدى لتقييم الكيفية التي يؤثر بها التباين السنوي في المناخ وتوفر المغذيات في المحيط، على تكون المواد العضوية التي تتسبب في حدوث التجمد.

يمكن أيضًا أن تترتب على النتائج التي توصل إليها ويلسون وزملاؤه آثار على فهمنا للكيفية التي سوف يتغير بها المناخ في العقود القادمة. فعلى سبيل المثال.. مع حدوث الاحتباس الحراري العالمي، قد تضعف وتيرة تكوُّن السحب الجليدية في المناطق ذات الهواء الأكثر دفئًا، الواقعة على مقربة من سطح المحيط، إلا أن الرياح السطحية الأشد يمكن أن تنتج كميات أكبر من الجسيمات البحرية التي تستطيع أن تحفز بدء عملية التجمد. ويمكن أن يلغي هذان العاملان تأثير بعضهما البعض، لكن إذا ما حدث وتناقصت أعداد العوالق النباتية، فإن ذلك يعني أن عددًا أقل من الجسيمات العضوية التي تستطيع تجميد الثلج سوف يتكون، وهو الأمر الذي سوف يؤدي إلى تفاقم انخفاض تكون السحب الثلجية.

تكشف نتائج هؤلاء الباحثون أيضًا عن أن الجسيمات البحرية التي تحتوي على المادة العضوية، كانت جزءًا من الخليط الطبيعي للجسيمات في الغلاف الجوي، التي تسببت في تجمد الثلج في الأوقات السابقة لعصر الصناعة، إلا أن هناك حاجة إلى إجراء أبحاث إضافية؛ للإجابة على الأسئلة الجوهرية المتعلقة بالجسيمات البحرية بصورة عامة: ما هي كميّاتها؟ وما هي نسبة الجزء الذي يستطيع تجميد الثلج منها؟ وما هي الكيفية التي تقوم بها الرياح السطحية، والأنظمة البيئية للمحيط، وحالة البحر بتغيير هاتين الكمّيتين؟

وأخيرًا، نحن لا نعرف سوى النذر اليسير عما يتحكم في حجم وتكوين الجسيمات التي تتكون عند انفجار الفقاعات عند سطح المحيط، لكن فهْم العمليات الفيزيائية الأساسية المشتركة في هذه العملية هو أمر مهم للغاية. توفر لنا القياسات المحدودة والمعايير شبه التجريبية أساسًا تقريبيًّا للنماذج المناخية التي تقوم بحساب توزيع هذه الجسيمات في الغلاف الجوي. كما تقدم الأرصاد التي تتم عن طريق الأقمار الصناعية نوعًا من الحدود لتقديرات توزيع الجسيمات المنقولة عن طريق الهواء في الوقت الحالي، إلا أنه بدون فهْم آليات تكون الجسيمات المحيطة، فإن دقة تأثيرات الجسيمات البحرية على التغير المناخي في الماضي والمستقبل، ودرجة ثقتنا في إسهامها سوف تظل محدودة. ■

لين راسل يعمل في معهد سكريبس لعلوم المحيطات، جامعة كاليفورنيا، سان دييجو، لا جولا، كاليفورنيا 92093-0221، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: lmrussell@ucsd.edu

1. Holland, H. D. *The Chemistry of the Atmosphere and Oceans* (Wiley, 1978).
2. Hansell, D. A., Carlson, C. A., Repeta, D. J. & Schlitzer, R. *Oceanography* **22**(4), 202–211 (2009).
3. Wilson, T. W. *et al. Nature* **525,** 234–238 (2015).
4. Hoose, C. & Möhler, O. *Atmos. Chem. Phys.* **12,** 9817–9854 (2012).
5. Wendisch, M. & Brenguier, J.-L. (eds) *Airborne Measurements for Environmental Research: Methods and Instruments* (Wiley, 2013).
6. Burrows, S. M., Hoose, C., Pöschl, U. & Lawrence, M. G. *Atmos. Chem. Phys.* **13,** 245–267 (2013).

علم المحيط الجوي

تعداد الوفيات من مصادر الهواء الملوث

إن الأعداد المقدَّرة للوفيات الناتجة عن التعرض للجزيئات الدقيقة الموجودة في الهواء الملوث صادمة. وسوف ترشد النتائجُ الأبحاثَ المستقبلية، كما ستصبح بمثابة صيحة إيقاظ لصناع السياسات.



NOAH SEELAM/AFP/GETTY

الشكل 1 | حرق النفايات في الهند. يقدر ليليفلد وزملاؤه[1] أن الجزيئات الدقيقة التي تنتج من استخدام الطاقة في القطاعات التجارية والسكنية، وحرق النفايات، تسهم بالدرجة الأكبر في مسبِّبات حالات الوفاة المبكرة المرتبطة بالتلوث في جميع أنحاء العالم، وبالأخص في الهند وغيرها من البلدان الآسيوية.

مايكل جيريت

عمل ليليفلد وزملاؤه[1] على تقدير عدد الوفيات التي تسبِّبها سبعة مصادر تلوث للهواء حول العالم، من خلال استخدام نماذج عالمية متقدمة خاصة بكيمياء الغلاف الجوي، وبيانات مفصلة عن عدد سكان البلدان المختلفة وحالاتهم الصحية، إضافة الى الدالات الموحدة لعلاقة التعرض بالاستجابة (IER) - وهي نماذج إحصائية توضح كيفية تباين أعداد الوفيات مع اختلاف درجات التعرض للجزيئات الدقيقة الموجودة في الهواء الملوث. وقد أتاحت نماذج كيمياء الغلاف الجوي المستخدمة للباحثين فرصة الربط بين تلوث الهواء، وحالات الوفاة المبكرة في مناطق مختلفة، وبين الانبعاثات ذات الصلة بقطاعات اقتصادية متنوعة.

هناك أكثر من 3.2 مليون حالة وفاة كل عام يسببها التعرض لمادة "$PM_{2.5}$" الجزيئية الموجودة في المناطق المفتوحة[2]؛ وهي تشمل الجزيئات التي لا يزيد قطرها على 2.5 ميكرومتر، وتستطيع اختراق الرئتين؛ والتسبب في مجموعة متنوعة من المشكلات الصحية. ورغم أن عدة مناطق في الولايات المتحدة وأوروبا قد شهدت تحسنًا ملحوظًا في جودة الهواء على مدى العقود القليلة الماضية ـ نتيجة للتدخلات التنظيمية ـ وهو ما تشير الأدلة المتزايدة[3,4] إلى أنه يفيد الصحة العامة، إلا أن مناطق أخرى كثيرة، وبالأخص البلدان الآسيوية ذات الأعداد المهولة من السكان، ما زالت تعاني من جودة الهواء المتردية[5] (الشكل 1)، بالإضافة إلى انبعاثات عدد من الملوثات المتوقع زيادتها في المستقبل[6]. وتؤدي نسبة التلوث العالية تلك ـ إضافةً إلى التعداد السكاني الكبير ـ إلى إحداث آثار وخيمة على الصحة العامة.. كما لا يعرف عن مصادر التلوث المسؤولة عن حالات الوفاة المبكرة سوى القليل.

هنا يجيء دور ليليفلد وزملائه بنتائجهم المفاجئة، التي قد تلعب دورًا مهمًّا في حماية الصحة العامة حول العالم. فأولى نتائجهم تقدِّر أن جزيئات $PM_{2.5}$ التي تنتج من مصادر الطاقة التجارية والسكنية تمثل القدر الأكبر من مسبِّبات حالات الوفاة المبكرة حول العالم. وتشمل مصادر الطاقة تلك - المسؤولة عن 32% من الوفيات المبكرة في الصين، وعن 50-70% في الهند وفي الدول الآسيوية الأخرى - الوقود الصلب، مثل الفحم، والكتلة الحيوية التي تُستخدم لأغراض التدفئة والطبخ، وعمليات التخلص من النفايات، ومولدات الديزل.

تقدِّم الدالاّت[7] التي استخدمها الباحثون معلومات وبائية عن علاقة مقدار التعرض بالاستجابة، في حالات الوفاة التي تحدث إثر التعرض لتلك الجزيئات، والانبعاثات الصادرة من حرق الكتلة الحيوية، وتدخين التبغ (سواء أكان تدخينًا نشطًا، أم تدخينًا سلبيًّا). وبالنسبة إلى الوفيات الناتجة عن الجلطات وأمراض القلب، يزيد انحدار منحنى الدالات عند درجات التعرض المنخفضة (ما يعني أن تأثير زيادة جزيئات $PM_{2.5}$ على نسبة الوفيات يعلو عند مستويات الجزيئات المنخفضة)، إلا أنه يستوي في كل الأحوال عند المستويات الأعلى، لكن عند مدى التعرض ما بين 30 و100 ميكروجرام لكل متر مكعب (المرجع 7)، تظهر درجات عالية من عدم التيقن في الدالات المستخدمة؛ حيث لم تتوفر بعد معلومات كافية عن حالات الوفاة المتعلقة بأمراض القلب، والناتجة عن جزيئات أجواء المناطق المفتوحة، كما يوجد عدد قليل جدًّا فقط من الدراسات المتعلقة بمسألة التعرض للتدخين السلبي. وبالتالي، ينبغي الانتباه إلى أن إحدى قلاقل تقديرات ليليفلد وزملائه لحالات الوفاة المبكرة الناتجة عن مصادر الطاقة التجارية والسكنية في البلدان الآسيوية هي أنها تقع في الغالب في نطاقات عدم التيقن العالية تلك.

تقل كذلك الدراسات المجراة على تأثيرات حرق الكتلة الحيوية على أمراض القلب أو الجلطات عند أي مستوى من مستويات التعرض[8]، كما أن أكبرها[9] لم يجد أي تأثيرات لجزيئات $PM_{2.5}$ ـ الناتجة عن حرق الكتلة الحيوية ـ في المحيط الجوي على حالات الوفاة المرتبطة بأمراض القلب في الولايات المتحدة. ورغم ذلك.. يشير الباحثون إلى أنه حتى لو افترضنا أن حرق الوقود الحيوي واستخدام

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مصادر الطاقة التجارية والسكنية لم يساهما في نسبة الوفيات تلك، يظل استخدام هذه الطاقة هو المساهم الأكبر في مسبِّبات حالات الوفاة المرتبطة بالهواء الملوث بصورة عامة في جميع أنحاء العالم، برغم تناقص العدد الكلي للوفيات حاليًّا.

أما النتيجة الرئيسة الثانية التي توصَّل إليها ليليفلد وزملاؤه، فهي أن الزراعة هي ثاني أكبر مساهم في مسببات حالات الوفاة الناتجة عن جزيئات $PM_{2.5}$ حول العالم؛ إذ تؤدي إفرازات الأمونيا من المواشي والأسمدة إلى تكوُّن جزيئات نترات وسلفات الأمونيوم في الجو. وبذلك تُعَدّ الزراعة هي السبب الأساسي في الوفيات في شرق الولايات المتحدة، وفي روسيا، وتركيا، وكوريا، واليابان، وأوروبا، كما أنها تتسبب في ما يصل إلى 40% من أعداد الوفيات في عديد من الدول الأوروبية.

تفترض تلك النتائج أن نترات وسلفات الأمونيوم لهما نفس درجة سُمِّيَّة الجزيئات الجوية الأخرى. وعلى الرغم من أن بعض الدراسات الوبائية[10,11] تؤكد بالفعل التأثيرات السالبة لهذه الجزيئات، إلا أن العديد من بيانات السمية تشير إلى انخفاض فعاليتها الحيوية عند تركيزاتها الحالية في المحيط الجوي[10]؛ فقد ترجع تلك الأدلة المتضاربة إلى كون جزيئات سلفات الأمونيوم عادة ما تختلط بالمعادن والمكونات السامة الأخرى الصادرة من الفحم أو المصانع[11]. لذا.. من الممكن أن يكون ليليفلد وزملاؤه قد بالغوا في تقدير تأثيرات الجزيئات المنبعثة من المصادر الزراعية، إلا أن النتائج التي توصلوا إليها لها قيمة عالية، حيث لم يُنظر إلى الزراعة من قبل على أنها مصدر أساسي للهواء الملوث، أو للوفيات المبكرة، كما تطرح أهمية توجيه قسط أكبر من الاهتمام للمصادر الزراعية من قِبَل العلماء وصناع السياسات.

أما النتيجة الثالثة التي توصل إليها الباحثون، فتكمن في أن التلوث المرتبط بوسائل المواصلات يتسبب فيما يقرب من 20% من الوفيات التي تسببها جزيئات $PM_{2.5}$ في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وألمانيا، و5% في باقي أنحاء العالم؛ إلا أن درجة الدقة الفراغية للتقييم العالمي الذي قاموا به (والذي يأخذ في الاعتبار مناطق فرعية بمساحة تبلغ حوالي 110 X 110 كيلومترات) لا تستطيع أن تسجل تأثيرات التباينات الدقيقة في التلوث الناتج عن وسائل المواصلات. وفي هذا الصدد وجدت دراسات أخرى[10,12] ارتباطًا بين التباين في نسبة التلوث على بعد 50 إلى 500 متر من جانب الطريق، وبين عدد الوفيات. كما تشير الأدلة المتراكمة كذلك[10] إلى التأثيرات الجلية على الصحة وعلى عدد الوفيات من المكونات ونواتج التفاعلات لانبعاثات وسائل النقل عند مقارنتها بمصادر الانبعاثات الأخرى. لذا.. يمكن أن يكون ليليفلد وزملاؤه قد أساءوا تقدير تأثيرات وسائل النقل.. لكن النتائج ترسل رسالتين مهمتين: أن انبعاثات وسائل النقل لا تزال مصدرًا مهمًّا يسبب الوفيات المبكرة في البلدان الغربية، حتى بعد فرض قوانين منظمة شاملة، وأن معدلات النمو العالية لمنظومة وسائل النقل في العديد من المناطق قد تؤدي الى زيادة التلوث وأعداد حالات الوفاة المبكرة في المستقبل القريب.

أخيرًا، يتوقع الباحثون تضاعف عدد الوفيات بسبب تلوث الهواء بحلول عام 2050، على أساس معدلات التلوث وعدد السكان، المتوقع زيادتهما؛ وهو ما ينبغي أن يقرع أجراس الإنذار لدى وكالات الصحة العامة في جميع أنحاء العالم، كما أنه يطرح تساؤلًا حول المصادر التي ينبغي أن يتم تقليلها في المناطق المختلفة. تعتمد الإجابة هنا على درجة ثقتنا في منحنى الدالات المستخدم؛ فحيث إن الجزء الحاد في المنحنى يقع عند المستويات المنخفضة من جزيئات $PM_{2.5}$، يمكن أن يؤدي التخفيض البسيط لتلوث الهواء في المناطق الأكثر نظافة إلى فوائد جمة، بينما يحتِّم علينا استواء المنحنى عند المستويات المرتفعة أن نقوم بتخفيضات كبيرة في المناطق الملوثة في آسيا؛ كي نحصل على فوائد صحية كبيرة[13].

إن النتائج التي توصَّل إليها ليليفلد وزملاؤه تبيِّن أنه من الممكن إنقاذ مليون نفْس كل عام من خلال خفض تعرضهم للهواء الملوث، إضافة إلى 3.54 مليون نفس أخرى، من خلال خفض تعرُّضهم للتلوث من المصادر ذاتها[2] في المناطق المغلقة، في الغالب عن طريق تغيير أنماط استخدام مصادر الطاقة التجارية والسكنية. كما سيتسبب تحفيز استخدام الوقود النظيف أو الكهرباء لتغطية الاحتياجات المحلية من الطاقة في خفض أعداد الوفيات، التي تتسبب فيها جزيئات $PM_{2.5}$ في المناطق المغلقة، أو في المحيط الجوي، ومن ثم يجب أن يحتل الأمر الأولوية في آسيا والمناطق الأخرى التي تعتمد على الوقود الصلب. أما بالنسبة لأجزاء كثيرة من العالم، فلا تزال هناك حاجة إلى إجراء المزيد من الأبحاث، لكي نستطيع فهم تأثيرات الممارسات الزراعية على تلوث الهواء، وعلى تعداد الوفيات. ولكي نستطيع ـ بصورة خاصة ـ أن نحدد درجة سُمِّيَّة نترات وسلفات الأمونيوم المنبعثة من هذه المصادر. وفي البلاد التي توجد بها مستويات منخفضة بالفعل من التلوث الجوي، لا يزال بالإمكان الحصول على فوائد كبيرة من خلال خفض الانبعاثات الصادرة من منشآت الوقود الأحفوري، ومن وسائل المواصلات. ■

مايكل جيريت يعمل في قسم علوم الصحة البيئية، وفي مركز الصحة البيئية والمهنية، كلية فيلدنج للصحة العامة، جامعة كاليفورنيا، لوس أنجيليس، لوس أنجيليس، كاليفورنيا 90095.
البريد الإلكتروني: mjerrett@ucla.edu

1. Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D. & Pozzer, A. *Nature* **525,** 367–371 (2015).
2. Lim, S. S. *et al. Lancet* **380,** 2224–2260 (2012).
3. Pope, C. V. III, Ezzati, M. & Dockery, D. W. *N. Engl. J. Med.* **360,** 376–386 (2009).
4. Gauderman, W. J. *et al. N. Engl. J. Med.* **372,** 905–913 (2015).
5. Baumgartner, J. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111,** 13229–1323 (2014).
6. Wang, S. X. *et al. Atmos. Chem. Phys.* **14,** 6571–6603 (2014).
7. Burnett, R. T. *et al. Environ. Health Perspect.* **122,** 397–403 (2014).
8. Smith, K. R. *et al. Annu. Rev. Public Health* **35,** 185–206 (2014).
9. Thurston, G. D. *et al. Environ. Health Perspect.* (in the press).
10. Kelly, F. J. & Fussell, J. C. *Atmos. Environ.* **60,** 504–526 (2012).
11. Smith, K. R. *et al. Lancet* **374,** 2091–2103 (2009).
12. Hoek, G. *et al. Environ. Health* **28,** 12(1):43 (2013).
13. Apte, J. S., Marshall, J. D., Cohen, A. J. & Brauer, M. *Environ. Sci. Technol.* **49,** 8057–8066 (2015).

علم الأعصاب

إيضاح مسألة النسيان

تُخَزَّن الذكريات في شبكة معقدة من الخلايا العصبية في المخ. وفي الوقت الحالي، ومن خلال أدوات مبتكرة للتلاعب بالاتصالات بين الخلايا العصبية، يمكن محو ذكريات الفئران بشعاع من الضوء.

جو لو، ويي تسو

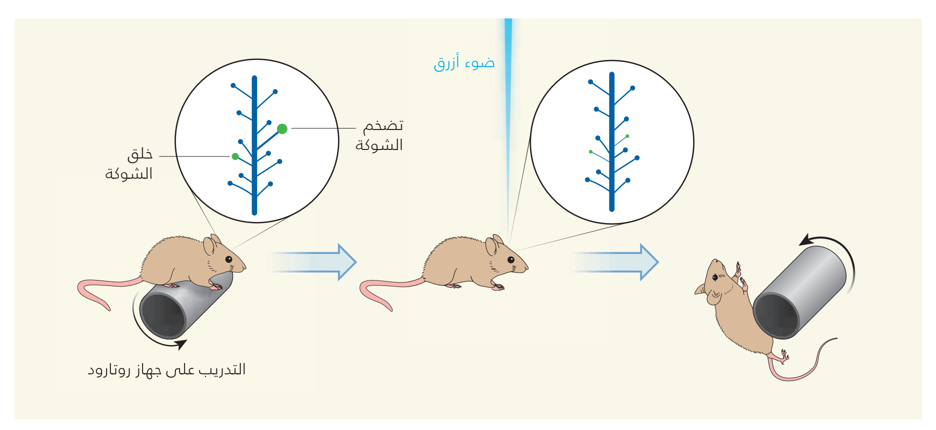
أشار عالِم الأحياء الألماني ريتشارد سيمون، منذ أكثر من قرن، إلى أن الذكريات تترك آثارًا مادية في المخ، وصاغ مصطلح "إنجرام" engram لوصفها[1]. وعلى الرغم من الاعتراف بالفكرة الآن، إلا أن البحث عن الإنجرام لا يزال مستمرًا. وفي هذا الصدد، اكتسبت نقاط التشابك ـ وهي المناطق التي تربط بين الخلايا العصبية ـ الكثير من الاهتمام، إلا أنه لا يوجد حتى الآن دليل مباشر على وجود علاقة سببية بين التغيرات التي تحدث فيها، وبين تكوين الذكريات، لكن هاياشي-تاكاجي وزملاءه[2] قد قاموا بملء تلك الفجوة.. فمن خلال هندسة البروتينات والتصوير الحي، قاموا بتحديد نقاط التشابك التي يتم تنشيطها عندما يتعلم الفأر إحدى المهارات الحركية الجديدة، ثم قاموا بإضعافها؛ لمحو الذاكرة الحركية المتعلقة بها.

تُخلق معظم نقاط التشابك في المخ بين المحاور العصبية (أو كابلات الإنتاج) والتغصنات (كابلات الإدخال). وعادة ما يتم تلقي الإشارات في نقاط التشابك المثارة عبر نتوءات ميكرومترية الحجم، تُسمى "شوكات"، وهي تُبعث من التغصنات. ويرتبط حجم رأس تلك الشوكات بقوة التشابك[3]، فهي تَظهر، أو تختفي، أو يتغير حجمها أثناء التعلم وتشكل الذاكرة، مما يعكس التغيرات التي تظهر في اتصال الدوائر العصبية[3].

ولدراسة العلاقة السببية بين تشكُّل الذاكرة الحركية، وتحفيز الشوكات وتغيُّرها الهيكلي (خلْقها، أو تضخيمها)، قام هاياشي-تاكاجي وزملاؤه بتطوير مجسّ ضوئي، يُدعى "AS-PaRac1"، يغير في هيكل الشوكات المحفَّزة، استجابةً للضوء. يقوم مركب الحمض النووي الخاص به بترميز نسخة من بروتين التأشير الصغير "RAC1" تستجيب للضوء، ويؤدي نشاطها الممتد إلى تقلص الشوكات. كما يتضمن المركّب أيضًا تسلسلًا معينًا من جين "Arc"، الذي يستهدف التغصنات، ويُعبَّر عنه بسرعة هناك، وبشكل عابر، استجابةً للنشاط العصبي؛ ما يضمن انتقال المجس إلى الشوكات التغصنية أثناء تحفيزها وتغيُّرها الهيكلي. وبذلك.. يُعَدّ المجس الضوئي المذكور أول أداة جينية ضوئية تسمح بتعديل الشوكات المحفَّزة.

ومن ثم، قام هاياشي-تاكاجي وزملاؤه بتعبير المجسّ الضوئي في قشرة المخ الخاصة بالحركة في الفئران، ودربوا الحيوانات على الركض على قضيب دوّار متسارع، في جهاز يُسمى "روتارود" rotarod. في هذه التجربة، تَسَبَّب التنشيط الضوئي لمجسّ "AS-PaRac1" في تقلص الشوكات المحفَّزة بعد التعلم، وبالتالي تعطيل قدرة الحيوانات على الركض على جهاز "روتارود"؛ ما يوضح العلاقة السببية بين قوة التشابك، والذاكرة الحركية في هذا الإطار (الشكل 1).

بعد ذلك.. أوضح المؤلفون أن تأثير المجسّ يعتمد على المهمة المطلوبة. فحين تعلّمت الفئران الركض على جهاز



الشكل 1 | تحفيز النسيان. تتلقى إحدى الخلايا العصبية إشارات تحفيزية من الخلايا العصبية الأخرى من خلال الشوكات التغصنية. فعندما يتعلم الفأر مهمة جديدة، مثل الركض على قضيب دوّار متسارع (روتارود)، فإن الشوكات التي تشارك في الأمر تُفعّل (أي تتشكل شوكات جديدة، ويزداد حجم الشوكات الموجودة أصلًا). قام هاياشي-تاكاجي وزملاؤه[2] بتصميم مركّب جيني ضوئي، بُنِيَ على نسخة من بروتين التأشير الصغير "RAC1" قابلة للتحفيز بالضوء، حيث يستهدف هذا البروتين الشوكات التغصنية المفعَّلة حديثًا. ينشِّط الضوء الأزرق بروتين "RAC1" المعدل، مما يؤدي إلى انكماش الشوكات. وقد وجد الباحثون أن انكماش الشوكات تَسَبَّب في نسيان الفأر للمهارة التي تعلمها؛ مما تَسَبَّب في سقوطه سريعًا من على القضيب الدوّار.

"روتارود"، ثم تعلمت المشي على شعاع رقيق، لم يؤثر تعطيل الشوكات المحفَّزة أثناء عملية المشي على أداء الفئران على جهاز "روتارود"، كما لم يؤثر تنشيط المجس الضوئي في الشوكات المحفَّزة تلقائيًّا بعد يومين من التعلمّ (ربما بسبب المهام الحركية غير المرتبطة) على الأداء الحركي. ومن ثم، قام الباحثون بإعادة تدريب الفئران على المهمة نفسها، التي تم تعطيل الشوكات المحفَّزة فيها؛ وهنا، عادت غالبية الشوكات المنكمشة ضوئيًّا إلى أحجامها الأصلية في حالاتها المحفَّزة. يشير كل ما سبق إلى أنه يتم تغيير مجموعات فرعية متميزة من نقاط التشابك، بناءً على المهمة المطلوبة خلال التعلم الحركي وتشكُّل الذاكرة.

وفي سعيهم الطويل لتفسير الإنجرام، أجمع علماء الأعصاب على أن أدمغة الثدييات تخزِّن الذكريات في مجموعات فرعية مختلفة من الخلايا العصبية في مناطق معينة. وقد مكَّنت طرق الترميز والتصوير وتفعيل وإسكات الخلايا العصبية في الحيوانات الباحثين من رسم خريطة الخلايا العصبية المرتبطة بمهمة تعليم محددة، وتغيير أنشطتها، وإحداث تغيُّرات خلوية اصطناعية تمثلها[4-6]؛ إلا أنه يمكن لخلية عصبية واحدة أن تشارك في تجهيز وتخزين أكثر من معلومة مميزة[7]. ولذلك.. فإن الإنجرام الخاص بذاكرة معينة ينطوي ليس فقط على هوية الخلايا العصبية المكوِّنة، لكن أيضًا يعتمد على مجموعة كاملة من اتصالات نقاط التشابك بين هذه الخلايا. ولكن لا تزال كيفية تنصيب الذاكرة عند مستوى التشابك هذا غير واضحة.

ولكي يُوصَف تأثير معين بأنه إنجرام، يجب على دائرة التشابك أن توفي عدة شروط. أولًا، يجب أن ترتبط التغيرات الهيكلية والوظيفية في نقاط التشابك بعملية التعلم. وثانيًا، أن يؤدي منع مثل هذه التعديلات إلى منع تشكل الذاكرة، ما يوضح ضرورة حدوثها. وثالثًا، ينبغي أن تكون تغيرات نقاط التشابك المصطنعة كافية لإنتاج الذاكرة، دون الحاجة إلى تدريب سلوكي. وقد تبيَّن[8] على مدى العقد الماضي من خلال عمليات التصوير في الجسم الحي أن عمليات إنتاج وإزالة الشوكات التغصنية ترتبط بتعلُّم المهارات الحركية، وبالذاكرة؛ لكن الآن، انطلق هاياشي-تاكاجي وزملاؤه إلى المرحلة التالية بوضْعِهم أساسيات الفكرة.. المتمثلة في أنّ إلغاء تغييرات نقاط التشابك التي تصاحب التعلم الحركي يعطِّل الذاكرة بالفعل.

ويمكن لتطوير الأدوات الجينية والضوئية، مثل المجسّ الضوئي "AS-PaRac1"، أن يسمح بتحليل التفاصيل الأدق للإنجرام. كما أن استخدام التسلسل المحفز الذي يدفع التعبير عن الجينات المستهدفة بطريقة تختلف حسب نوع الخلية، وكذلك طرق الوسم الخاصة بالاتصال[9]، يمكن أن يساعد على كشف أدوار دوائر التشابك ـ المكونة من أنواع مختلفة من الخلايا العصبية ـ في عملية التعلم وإنشاء الذاكرة. وهو بدوره يكشف ـ على سبيل المثال ـ إسهامات الخلايا العصبية المثارة والمثبطة، أو الخلايا العصبية الموجودة في طبقات مختلفة من قشرة المخ. وعندما يتكون لدينا فهْم أعمق للإشارات الجزيئية التي تحدث في التشابك أثناء تكوُّن الذاكرة[10]، يمكن استخدام أدوات مماثلة للمجسّ الضوئي المستخدَم هنا، لتعديل عناصر أخرى في الآلية الجزيئية. كما أن تقنيات المجاهر المطوَّرة يمكن أن تستهدف خلايا عصبية منفردة، أو نقاط تشابك محددة[11]، بدلًا من تعديل مجموعات كاملة من الخلايا العصبية.

وعندما ستُستخدم التقنيات سابقة الذكر جنبًا إلى جنب، فإنها ستساعدنا على تقوية الإنجرامات الموجودة، وتسهيل إنتاج إنجرامات جديدة، وإحداث تغيرات خلوية اصطناعية على مستوى التشابك. وبذلك.. ستتمكن من دراسة التفاعل بين أشكال مختلفة من التغيرات التي تسبِّبها الذكريات، فضلًا عن الآليات التي تترجم إحدى الإنجرامات إلى نتائج سلوكية. ومن المفترَض لتلك الجهود أن تتيح لنا ببساطة فهْم تلك الظاهرة الملفِتة، من خلال تسليط الضوء على أساسها المادي. ■

جو لو، وِي تسو يعملان في قسم الأحياء الجزيئية والخلوية والتطورية، جامعة كاليفورنيا، سانتا كروز، سانتا كروز، كاليفورنيا 95064، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: jlu39@ucsc.edu; yizuo@ucsc.edu

1. Semon, R. *Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens* (Wilhelm Engelmann, 1904)
2. Hayashi-Takagi, A. *et al. Nature* **525,** 333–338 (2015).
3. Holtmaat, A. & Svoboda, K. *Nature Rev. Neurosci.* **10,** 647–658 (2009).
4. Han, J.-H. *et al. Science* **323,** 1492–1496 (2009).
5. Garner, A. R. *et al. Science* **335,** 1513–1516 (2012).
6. Ramirez, S. *et al. Science* **341,** 387–391 (2013).
7. Jia, H., Rochefort, N. L., Chen, X. & Konnerth, A. *Nature* **464,** 1307–1312 (2010).
8. Chen, C.-C., Lu, J. & Zuo, Y. *Front. Neuroanat.* **8,** 28 (2014).
9. Luo, L., Callaway, E. M. & Svoboda, K. *Neuron* **57,** 634–660 (2008).
10. Mayford, M., Siegelbaum, S. A. & Kandel, E. R. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* **4,** a005751 (2012).
11. Packer, A. M., Russell, L. E., Dalgleish, H. W. P. & Häusser, M. *Nature Methods* **12,** 140–146 (2015).

فيزياء نووية

حِزَم نيوترونية دوّامية

لا تحمل النيوترونات عادة عزمًا زاويًّا مداريًّا، ولكن العرض الذي يوضح أن حِزَم من النيترونات قد تحمل هذه الخاصية، بعد 23 سنةً من رؤية الخاصية نفسها في الفوتونات، يقدِّم وعودًا بتحسين تقنيات التصوير.

روبرت بويد

اكتشَف الفيزيائي جيمس تشادويك النيوترونات في عام 1932. وما زالت تلك الجسيمات مستمرة في إدهاش العلماء حتى يومنا هذا، حيث كان يُعتقد في البداية أن النيوترونات جسيمات أولية، أي أنها لا تتألف من جسيمات أخرى، ولكننا عرفنا الآن أن النيوترونات مثل البروتونات، تتكون من ثلاثة جسيمات أوّلية تُسمى كواركات. والكواركات لها خاصية ذاتية تُعرف باسم العزم الزاويّ المغزليّ (الحركة المغزلية)، حيث تمنح النيوترون حركة مغزلية بقيمة ½ħ (حيث ħ هو ثابت بلانك المخفض). ويبين كلارك وزملاؤه[1] أن النيوترون الحر يمكن أن يكون له نوع مختلف من العزم الزاوي، (وهو العزم الزاوي المداري).

والعزم الزاويّ المداريّ هو مفهوم واسع في الفيزياء الحديثة، ولكن عادةً ما يرتبط بحركة الإلكترونات حول النواة الذرية في الذرات والجزيئات. وعلى النقيض من الحركة المغزلية، فإن العزم الزاوي المداري ليس خاصية ذاتية للإلكترون: حيث يمكن أن يأخذ أي قيمة للعدد الصحيح ℓ، مضروبة في الثابت ħ، في حين أن الحركة المغزلية للإلكترون لها قيمة ثابتة، هي ½ħ. والحركة المغزلية للإلكترون، والعزم الزاوي المداري مشابهان لدوران الأرض حول محورها، ومدارها حول الشمس، على الترتيب.

وقد نشأ العزم الزاوي المداري أيضًا في سياق مختلف: ففي وقت مبكر من تسعينات القرن الماضي، تم إثبات أن أي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

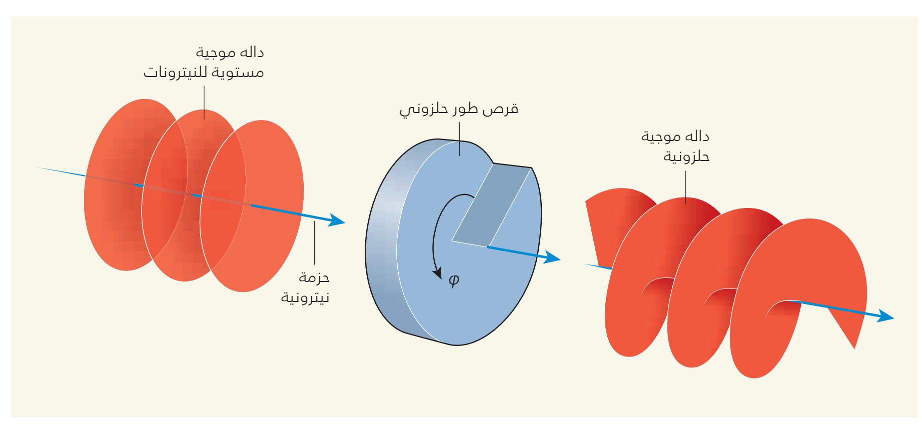
شعاع ضوء حلزوني الطور يمكن أن يحمل عزمًا زاويًّا مداريًّا، نظريًّا[2] وتجريبيًّا[3]. ومنذ ذلك الحين ثبت أيضًا أن هذا صحيح، حتى بالنسبة إلى الفوتون الواحد[4]. وبالتالي يُعتبر ذلك مصدرًا آخر للعزم الزاوي للجسيم، بالإضافة إلى حركته المغزلية (التي ترتبط مع الاستقطاب الدائري الضوئي). وهي خاصية مهمة للفوتونات، حيث استُخدمت في تطبيقات في مجال الضوئيات، مثل ترميز المعلومات الكمية[4] والتقليدية[5] في فوتونات فردية، وبروتوكولات[6] التشابك الكَمِّي، والتحكم في الجسيمات الصغيرة بالقوى الضوئية[7].

في عام 2010، تم توليد حزم إلكترونية بعزم زاوي مداري، مما يؤكد أن هذه الخاصية لا تقتصر على الحزم الضوئية فحسب[8]. ومنذ ذلك الحين، تم نشر العديد من أوجه التقدم في مجال إنتاج واستخدام الحزم الإلكترونية التي تحمل عزمًا زاويًّا مداريًّا (انظر المرجع 9). كما أن حقيقة أن الفوتونات ليست هي الجسيمات الوحيدة التي يمكن أن يكون لها عزم زاوي مداري، قد فتحت آفاقًا للدراسات الأساسية في التفاعلات الكهرومغناطيسية وتطبيقاتها، مثل تطوير المجاهر الإلكترونية.

أضافت أبحاث كلارك وزملاؤه النيوترونات إلى قائمة الجسيمات التي يمكن أن يكون لها عزم زاوي مداري، حيث استطاع هؤلاء الباحثون توليد نيوترونات تحمل عزمًا زاويًّا مداريًّا، من خلال توجيه شعاع من الجسيمات خلال جهاز يعرف باسم "قُرص الطور الحلزوني"، (الشكل 1)، حيث يتفاوت سُمك هذا القرص بشكل منتظم كدالة في زاوية السمت للقرص φ (الزاوية المقاسة حول محيط القرص)، حيث تكتسب الدالة الموجية للنيوترونات التي تمر عبر هذا الجهاز تحولًا طوريًّا يتناسب مع السُّمك المحلي للقرص. ومع القيم المناسبة لتفاوت سُمك القرص مع زاوية السمت φ، تكتسب الدالة الموجية توزيع طور سمتي يُحسب بالعلاقة $e^{iL\varphi}$، حيث L هو أي عدد صحيح موجب، أو سالب، و(i) هو "وحدة تخيلية" (الجذر التربيعي للقيمة 1-).

صنع الباحثون عدة أقراص، بحيث تتوافق توزيعات سُمكها مع قيم مختلفة للعدد L، وبالتالي ولَّدت حِزَمًا نيوترونية تحمل عزمًا زاويًّا مداريًّا بقيم $L\hbar$ مختلفة. ويعتبر العزم الزاوي المداري للنيوترونات هو سمة ميكانيكية كمية، مثل حركته المغزلية. ويحدث ذلك نتيجة للبنية الحلزونية للدالة الموجية "الدوامية" للجسيم عندما يخرج من القرص. وللتحقق من أن شعاع النيوترون قد اكتسب العزم الزاوي المداري عند مروره خلال القرص، استخدم كلارك وزملاؤه تقنية تعرف بقياس تداخل النيوترونات. وفي هذه الطريقة، تم تقسيم الدالة الموجية للنيوترونات إلى مسارين، بحيث يوضع قرص الطور الحلزوني في أحد المسارين. ثم تم الجمع بين المسارين لاحقًا بشكل متسق، لتشكيل شعاع ناتج له نمط تداخل يُظهر توزيع الطور السمتي الذي اكتسبته الدالة الموجية.

على الرغم من أن نتائج كلارك وزملاؤه مثيرة للإعجاب، إلا أنها لا تمثل سوى الخطوة الأولى في مجال هذا البحث الواعد. فعلى سبيل المثال، في التجربة الحالية، فإن شعاع النيوترونات الساقط على قرص الطور الحلزوني، هو خليط إحصائي لعدة حالات عزم زاوي مداري كمية. وقبل الحديث عن تطوير التطبيقات التي يمكن الحصول عليها، يجب أن تتولد النيوترونات بحالات كمية محددة لقيم العزم الزاوي المداري (القيمة الذاتية). وإضافة إلى ذلك.. تم تطوير أساليب هولوجرامية (ثلاثية الأبعاد)؛ لخلق حالات عزم زاوي مداري ضوئية[10,11] والكترونية[12]. وتلك الحالات أكثر دقة وتنوعًا من استخدام أقراص الطور الحلزونية. وبذلك.. سيكون من المثير للاهتمام استكشاف استخدام تقنيات الهولوجرام للنيوترونات



الشكل 1 | العزم الزاوي المداري للنيوترونات. وجَّه كلارك وزملاؤه[1] شعاعًا من النيوترونات خلال جهاز يُعرف باسم (قُرص الطور الحلزوني)، الذي عدّل الدالة الموجية المستوية الأصلية للنيوترونات، وأضفى عزمًا زاويًّا مداريًّا للجسيمات. وبذلك.. اكتسبت الدالة الموجية للنيوترونات التي تخرج من الجهاز توزيع طور سمتي يُحسب بقيمة $e^{iL\varphi}$ (حيث إن (i) وحدة تخيلية، L هو أي عدد صحيح، φ هي الزاوية السمتية للقرص). وهذا الاختلاف الطوري يسبب تلك البِنْيَة الحلزونية التي تُرى في الدالة الموجية الناشئة، والتي ترتبط مع العزم الزاوي المداري المكتسَب.

أيضًا. كما تمثل الاستخدامات المحتملة لحالات العزم الزاوي المداري للنيوترونات في دراسات المعلومات الكمية، آفاقًا مثيرة للاهتمام.

وأخيرًا، تفتح أبحاث كلارك وزملاؤه طريقًا آخر للعمل المستقبلي، مثل: استخدام حزم نيوترونية ذات عزم زاوي مداري للتصوير. ولأن النيوترونات جسيمات نافذة، فيمكنها تقديم مزايا عملية، مقارنةً بالمجهر الضوئي والإلكتروني في دراسات التصوير العميق للمواد. لذا.. يمكن للمرء الاستنتاج بأن حِزَم النيوترونات الحاملة للعزم الزاوي المداري قد تذهب بجرأة حيث لم تذهب الجسيمات الكمية الأخرى من قبل. ■

روبرت بويد يعمل في قسم الفيزياء في كلية الهندسة الكهربائية وعلوم الحاسب، ومركز ماكس بلانك للضوئيات الكمية والمتطرفة، جامعة أوتاوا، أوتاوا، أونتاريو K1N 6N5، كندا، وكذلك في معهد البصريات، جامعة روشستر، روتشستر، نيويورك.
البريد الإلكتروني: boydrw@mac.com

1. Clark, C. W. *et al. Nature* **525,** 504–506 (2015).
2. Allen, L., Beijersbergen, M. W., Spreeuw, R. J. C. & Woerdman, J. P. *Phys. Rev. A* **45,** 8185–8189 (1992).
3. Beijersbergen, M. W., Allen, L., van der Veen, H. E. L. O. & Woerdman, J. P. *Opt. Commun.* **96,** 123–132 (1993).
4. Mair, A., Vaziri, A., Weihs, G. & Zeilinger, A. *Nature* **412,** 313–316 (2001).
5. Wang, J. *et al. Nature Photon.* **6,** 488–496 (2012).
6. Leach, J. *et al. Science* **329,** 662–665 (2010).
7. He, H., Friese, M. E. J., Heckenberg, N. R. & Rubinsztein-Dunlop, H. *Phys. Rev. Lett.* **75,** 826–829 (1995).
8. Uchida, M. & Tonomura, A. *Nature* **464,** 737–739 (2010).
9. Harris, J. *et al. Nature Phys.* **11,** 629–634 (2015).
10. Bazhenov, V. Y., Vasnetsov, M. & Soskin, M. S. *JETP Lett.* **52,** 429–431 (1990).
11. Bolduc, E., Bent, N., Santamato, E., Karimi, E. & Boyd, R. W. *Opt. Lett.* **38,** 3546–3549 (2013).
12. Verbeeck, J., Tian, H. & Schattschneider, P. *Nature* **467,** 301–304 (2010).

فيزياء المادة الكثيفة

ترانزستور مسطَّح يتخطَّى مجاله

يُظْهِر ترانزستور يعمل بفولت منخفض تجاوزًا لحدوده النظرية. وهذا الاكتشاف قد يفتح آفاقًا جديدة لتطوير الدّارات المتكاملة ذات الاستهلاك المنخفض جدًا للطاقة.

كاتسوهيرو تومِيوكا

تُستخدم ترانزستورات تأثير-المجال (FETs) في الدوائر المتكاملة، التي تشكل مكونًا أساسيًّا في أجهزة شائعة، مثل الهواتف الذكية، والأجهزة اللوحية، وأجهزة الكمبيوتر المحمولة. وتحسُّن أداء تلك الأجهزة يعتمد بشكل حاسم على تصغير ترانزستورات FET، لكن التصغير لا يمكن أن يستمر إلى ما لانهاية، لأن هناك حدًّا إلكترونيًّا حراريًّا أساسيًّا لا يمكن في أدناه أن يتحسّن أداء عمل ترانزستورات تأثير-المجال (التبديل السريع عند فولت منخفض) من دون زيادة متناسبة في استهلاك الطاقة. يستعرض سركار وزملاؤه[1] ترانزستورًا يجمع بين بلورة شبه موصل ثنائية الأبعاد بسُمْك ذرِّي مع ركيزة جرمانيوم ثلاثية الأبعاد، محققًا أداء تشغيل ممتازًا عند 0.1 فولت.

يواجه تصغير ترانزستورات تأثير-المجال مشكلات متأصلة ناجمة عن تأثير تقليص طول القناة (طبقة، يتدفق من خلالها التيار بين قطبي المصدر والمصب)، وتسرّب كبير للتيار عند إيقاف تشغيل الترانزستور. هذه العوامل تؤدي إلى استهلاك كبير للطاقة في وضع الاستعداد، ولكنها يمكن أن تُكبت في ترانزستورات تأثير-المجال التي لها بنية متعددة البوابة، حيث

سطح قناة الترانزستور مغطى بالكامل بقطب معدني (البوابة) ومادة عازلة كهربائيًّا، مشكِّلين معًا مجمع البوابة. وهذا يتيح تحكُّمًا كهروستاتيكيًّا جيدًا للقناة، عن طريق البوابة.

الهدف المميز الأساسي للجيل القادم من ترانزستورات تأثير-المجال هو أن تكون عالية الأداء، وذات تشغيل منخفِّض للطاقة في النهاية، كما أن السرعة وطول عمر البطارية من الصفات المرغوبة في الأجهزة الإلكترونية. ولتحقيق هذه الأهداف، يجب على الباحثين التغلب على تحدِّيَيْن: أولًا، هناك حاجة إلى مواد جديدة للقنوات. فعلى سبيل المثال.. من المتوقع أن تتحول ترانزستورات (MOS) FETs (ترانزستورات تأثير-المجال من أشباه موصلات أكسيد-المعادن) من رقائق السيليكون-والجرمانيوم المصنَّعة والمستخدَمة حاليًّا إلى الأجهزة المصنوعة من مركّبات[2] III-V (مثل الإنديوم-الجاليوم-الزرنيخ)، والجرمانيوم النقي[3]، أو أشباه الموصلات[4] ثنائية الأبعاد، وذلك لأن هذه المواد تنبض بالتيارات الكهربية عند فولت داخلي (بوابة إلى مصدر) منخفض. أما التحدي الثاني والأصعب، فهو التغلب على عدم القدرة على تقليص فولت التغذية الكهربائية لترانزستورات تأثير-المجال.

تتحدد خصائص تشغيل ترانزستورات تأثير-المجال التقليدية بكمية فيزيائية معرَّفة باسم "المنحنى دون-العتبي (SS)"، لا يمكنها أن تكون أقل من الحد النظري لـ 60 ملي فولت لعشر وحدات من التيار في درجة حرارة الغرفة[5]؛ وهذا يعني أن زيادة 60 ملي فولت في الفولت تنتج عنه زيادة 10 أضعاف في التيار. والمنحنى دون-العتبي يتناسب عكسيًّا مع المعدل الذي يتدفق به التيار عبر ترانزستور تأثير-المجال، مما يزيد نحو قيمة تشغيله مع زيادة فولت التغذية. وبالتالي، فإن فولت التغذية المكتسَب لترانزستورات (الموسْفِيت) له قيمة منخفضة، لأن الجهد يتناسب مع المنحنى دون-العتبي.

وللتغلب على هذا القصور الفيزيائي، استقصى الباحثون ترانزستورات تأثير-المجال التي تنطوي على آليات معينة، مثل الاتصال النفقي[6]، وتأثير التأين[7] والسعة السلبية[8]، أو استخدام المفاتيح الميكانيكية[9]. وعمومًا، تُعتبر أجهزة التوصيل النفقي، مثل TFET، واعدةً، لأنها يمكن أن تعمل بكفاءة عند تغذية فولتية منخفضة، مقدِّمةً توافقًا كبيرًا مع تكنولوجيا أشباه موصِّلات MOS (CMOS) التكميلية المستخدَمة على نطاق واسع. المبدأ العملي لأجهزة TFET يتوقف على نقل الشحنة عن طريق آلية التوصيل النفقي الكمي: حيث تُستخدام بوابة لتعديل التيار، ومن ثم يتم خفض المنحنى دون-العتبي إلى أقل من الحد النظري التقليدي. ومع ذلك.. فعدد قليل من ترانزستورات TFET تمت الإشارة إليه بقِيَم منحنى دون-عتبي أشد انحدارًا (أقل من الحد النظري، وهو 60 ملي فولت لعشر قيم من التيار على مدى عدة عشرات). وتستند هذه الترانزستورات، على سبيل المثال، على مواد قائمة على السيليكون، أو الجرمانيوم[10,11]، وأسلاك-نانوية من السيليكون[12]، وواجهات بينية من III-V-السيليكون (وصلات متغايرة)[13].

وللحصول على قِيَم شديدة الانحدار للمنحنى دون-العتبي لترانزستورات TFET، يجب أن يتم تصميم الأجهزة بتحكُّم دقيق في الإشابة، وهي الاستعاضة عن نسبة صغيرة من أحد أنواع الذرات بنوع آخر، لتغيير كمية الشحنة المتاحة لتوصيل التيار عبر شبه الموصل. تسمح هذه الخاصية بتحفيز مجال كهربائي داخلي على نحو فعّال في وصلة التوصيل النفقي، وأيضًا تحسين تصميمات مجموعات البوابة لترانزستورات MOSFETs التقليدية.

اقترح سركار وزملاؤه ترانزستور TFET مصنوعًا من طبقة ثنائية من ثاني كبريتيد الموليبدينوم (MoS_2) وجزء كبير من الجرمانيوم الذي يتغلب على كثير من التحديات المذكورة أعلاه، حيث توضع الطبقة الثنائية البلورية ثنائية الأبعاد من MoS_2 على ركيزة جرمانيوم؛ لتشكّل وصلة رقيقة جدًّا بواسطة روابط فان دير فال. تُظهِر هذه الوصلة المغايرة المبتكرة مقاوَمة تفاضلية سلبية (نزوع التيار الكهربي خلال الوصلة إلى الانخفاض عند زيادة الفولت خلالها)، مما يؤكد وقوع النقل النفقي عبر روابط فان دير فال. ولأنه ليس من السهل أن يُصنع مجمع بوابة من مواد MoS_2 ثنائية الأبعاد، استخدم الباحثون في هذا الجهاز إلكتروليت البوليمر الصلب كقطب للبوابة.

حقَّق سركار وفريق بحثه في TFET منحنى دون-عتبي حادًّا في درجة حرارة الغرفة (31.1 ملي فولت لكل عشر وحدات تيار، وبلغ متوسطًا خلال 4 عشرات)؛ الحد الأدنى الذي تم الوصول إليه هو 3.9 ملي فولت لكل عشر وحدات تيار. تُعَدّ هذه الوصلة المتغايرة شبه الموصِّلة واحدة من أكثر المواد الواعدة لتصنيع المفاتيح التي يمكن أن تعمل مع إمدادات فولتية منخفضة، تصل إلى 0.1 فولت، مما يعني انخفاضًا في استهلاك الطاقة لأكثر من 90%، مقارنةً بترانزستورات FET التقليدية.

ومع ذلك.. لا تزال هناك تحديات أخرى، تشمل تعزيز صلابة بلورة شبه الموصل ثنائية الابعاد، والتحكم في خصائص عوازل الحالة الصلبة للبوابة، وضبط عتبة الجهد (أعلى من هذه العتبة، يزداد التيار بشكل غير خطي مع زيادة فولت البوابة)، وتحسين بنية القناة المشابهة، وزيادة التيار النفقي. وعلى افتراض أن هذه المسائل يمكن احتواؤها، فإن نتائج أبحاث سركار وزملائه يمكن أن تؤدي إلى تحسين تطبيقات CMOS، كما يتوقعون أيضًا أجهزة استشعار فعالة للغاية للتطبيقات البيولوجية المعتمدة على ترانزستورات TFET[14]. يمكن أن تُسهم الوصلات والمواد ـ مثل التي ذكرها الباحثون ـ في تطوير دارات متكاملة تعمل بطاقة منخفضة جدًّا، وموفرة للطاقة، من شأنها أن تجد طريقها إلى الأجهزة الإلكترونية السائدة. ■

كاتسوهيرو تومِيوكا يعمل في كلية الدراسات العليا للعلوم وتكنولوجيا المعلومات، مركز بحوث الإلكترونيات الكمية المتكاملة(RCIQE)، جامعة هوكايدو، 0814060-سابورو، اليابان.

البريد الإلكتروني: tomioka@rciqe.hokudai.ac.jp

1. Sarkar, D. *et al. Nature* **526,** 91–95 (2015).
2. del Alamo, J. A. *Nature* **479,** 317–323 (2011).
3. Pillarisetty, R. *Nature* **479,** 324–328 (2011).
4. Radisavljevic, B., Radenovic, A., Brivio, J., Giacometti, V. & Kis, A. *Nature Nanotechnol.* **6,** 147–150 (2011).
5. Ferrain, I., Collinge, C. A. & Colinge, J.-P. *Nature* **479,** 310–316 (2011)
6. Seabaugh, A. C. & Zhang, Q. *Proc. IEEE* **98,** 2095–2110 (2010).
7. Gopalakrishnan, K., Griffin, P. B. & Plummer, J. D. *IEEE Int. Electron Devices Meet.* 289–292 (2002).
8. Salahuddin, S. & Datta, S. *Nano Lett.* **8,** 405–410 (2008).
9. Pott, V. *et al. Proc. IEEE* **98,** 2076–2094 (2010).
10. Jeon, K. *et al. IEEE VLSI Technol. Symp.* 121–122 (2010).
11. Kim, S. H., Kam, H., Hu, C. & Liu, T.-J. K. *IEEE VLSI Technol. Symp.* 178–179 (2009).
12. Gandhi, R., Chen, Z., Singh, N., Banerjee, K. & Lee, S. *IEEE Electron Device Lett.* **32,** 437–439 (2011).
13. Tomioka, K., Yoshimura, M. & Takashi, F. *IEEE VLSI Technol. Symp.* 47–48 (2012).
14. Sarkar, D. & Banerjee, K. *Appl. Phys. Lett.* **100,** 143108 (2012).

علم الوراثة الفوقية

"كَرْمَا" نخيل الزيت

على الرغم من أصلها النسيلي، تعطي بعض أشجار نخيل الزيت ثمارًا خالية من الزيت تقريبًا. وقد اتضح أن عدد مجموعات الميْثيل المرتبطة بإحدى مناطق الحمض النووي، ويُطلَق عليها "كَرْمَا" *Karma*، هي المسؤولة عن أنْ تصبح بعض النباتات معيبة.

جيرزي باسزكويسكي

يُعتبر التكاثر الخضري شكلًا من أشكال التكاثر غير الجنسي، التي يتم استخدامها بشكل روتيني لإنتاج نباتات وأشجار الحدائق بأعداد كبيرة؛ من أجل الاتجار بها، لأنه يساعد على التكاثر السريع لأفراد متطابقة وراثيًّا، لكن بالنسبة إلى بعض الأنواع، يُعتبر التكاثر الخضري عملية بالغة الصعوبة، لكونه يتطلب بيئات زراعة معقمة ومتطورة تقنيًّا، يمكنها إنتاج أعداد كبيرة من الأجنة المستنسخة، التي تستطيع أن تتطور فيما بعد إلى شتلات، إلا أن نسبة من النباتات المنتَجة بهذه الطريقة تعاني من تشوهات بالنمو، ناتجة عن الأخطاء الجينية، أو تغيرات في الوراثة الفوقية، حيث تقع تغيرات في التعبير عن الجينات، دون أن يتأثر تسلسل الحمض النووي الأساسي[1]. يصف أونج عبد الله وزملاؤه[2] عيبًا متعلقًا بالوراثة الفوقية في بيئات زراعة نخيل الزيت، ناجمًا عن نقص في مجموعات الميثيل المرتبطة بمنطقة معينة من الحمض النووي.

تُزرع أصناف نخيل الزيت ذات الإنتاجية العالية في شرق آسيا، من خلال تقنيات زراعة الأنسجة، التي تعمل على إنتاج النباتات من أجزاء معينة من الورقة، ثم ينتهي المطاف بهذه الأشجار المستنسَخة والمتماثلةً إلى المزارع. وبعض تلك الأشجار، التي يُطلق عليها "النخيل المغطَّى"، ينتج أزهارًا غير طبيعية، وينتج القليل من الزيت. هذا.. وتحتاج أشجار النخيل اليافعة عدة سنوات من العناية المركزة، قبل أن تبدأ في الإثمار، وعندها فقط يمكن الكشف عن ذلك العيب.

وبسبب انتشار استخدام زيت النخيل في بعض المنتجات المنزلية والمواد الغذائية ومستحضرات التجميل، فإن هذا العيب المتخفي يُعَدّ مشكلة اقتصادية خطيرة. لذا.. تمت دراسة الطريقة التي تورَّث بها هذه الصفة بشكل مكثف. إن النخيل المغطى لا يتبع قواعد "مندل" في الوراثة، مما يشير إلى أن هذا الخلل ينتج عن تغيرات وراثية فوقية في التعبير الجيني، وليس عن تحور جيني مباشر[3]. وللأسف، يُعتبر كشف التغيرات في الوراثة الفوقية أكثر صعوبة من كشف الآفات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الجينية. ومع ذلك.. فقد تم جمع بعض الأدلة؛ للكشف عن أسباب هذا العيب.

تشبه أزهار النخيل المغطى تلك التي عُثر عليها في شكل طافر لنبات *Arabidopsis*. يشفر الجين الطافر في نبات *Arabidopsis* عاملًا أساسيًّا في تكوين أجزاء الزهرة. وقد تم التعرف على الجين المقابل في نخيل الزيت باسم EgDEF1 (المرجع 4)، حيث ينخفض التعبير عنه في أزهار النخيل المغطَّى[5].

قد يكون السبب وراء حدوث هذا الشذوذ في التعبير الجيني هو مثيلة الحمض النووي، وهو تحوُّر وراثي فوقي، ينتج عنه ارتباط مجموعات من الميثيل بالحمض النووي. ونظرًا إلى أن التكاثر الخضري للنخيل عن طريق زراعة الأنسجة يؤدي إلى انخفاض عام في مستويات مثيلة الحمض النووي[3]، مما يثبط تعبير جين EgDEF1 بشكل غير مباشر، نتيجة فقدان مثيلة الحمض النووي، إلا أن الكيفية التي تحدث بها هذه العملية ما زالت غير واضحة.

تحيط بالجينات، بل وأحيانًا يتخللها، عناصر مستمدة من الفيروسات القديمة التي كانت قد غزت الجينوم على مر الزمن التطوري. وغالبية هذه العناصر أصبحت غير نشطة، وبالتالي حمضها النووي ممثيل بشدة، لكن عالمة الوراثة باربرا مكلينتوك، التي اكتشفت هذه العناصر في نبات الذُّرَة منذ أكثر من 60 عامًا[6]، وجدت أن هذه العناصر عبَّرت عن نفسها في بعض الأحيان، بل وبإمكانها الانتقال إلى أماكن جديدة داخل الكروموسومات، حيث يمكن أن تتداخل مع تعبير الجينات الأخرى. تعتقد مكلينتوك أن هذه العناصر القابلة للنقل تقوم بأداء وظائف تنظيمية رئيسة داخل جينوم المضيف[7]. يحتوي جين EgDEF1 على اثنين من هذه العناصر، التي تمت دراستها سابقًا، لكن لم يتم الربط بين مستويات مثيلة الحمض النووي، ونشاط هذه العناصر بالتغطية[5]. لذلك.. ظلت الآلية الجزيئية وراء نخيل الزيت المغطَّى لغزًا.

قام أونج عبد الله وزملاؤه بالبحث في جينوم النخيل عن تغيرات في مثيلة الحمض النووي مرتبطة بسمة التغطية في النخيل. واعتمد تصميمه للتجربة على تحليل أربع مجموعات من أشجار النخيل، تختلف فيما بينها في تركيبها الوراثي، وهو ما أسهَم في تقليل عدد النتائج الإيجابية الكاذبة، وزيادة دقة النتائج. أشار تحليل الجينوم مرة أخرى إلى جين EgDEF1، لكن هذه المرة كانت تغيرات المثيلة المرتبطة بظهور صفة التغطية في جزء من جين سبق تجاهله. اكتشف أونج عبد الله وزملاؤه أن هذه القطعة من الجين ـ التي تقع في منطقة عدم ترميز بروتيني طويلة ـ تحتوي على عنصر ثالث قابل للنقل، يُدعى "كَرْمًا" *Karma*.

أظهر الباحثون أن الحمض النووي لتسلسل "كَرْمًا" يكون في حالة مثيلة في النباتات السليمة (وهي الحالة التي أُطلق عليها "كَرْمًا جيدة")، بينما تنخفض درجة المثيلة في النخيل المغطى (كَرْمًا ضارة). من ناحية أخرى.. يشفر الحمض النووي لتسلسل "كَرْمًا" (موقعَ مستقبِل القطع) وهو تسلسل يوجه نشاط القطع في نسخة الحمض الريبي للجين. يرى الباحثون أن هذا الموقع يُستخدم فقط عند انخفاض نسبة المثيلة. وعلى الرغم من أن الآليات الكامنة وراء هذه الخصوصية ليست معروفة، أظهر أونج عبد الله وزملاؤه أن أزهار النخيل المغطَّى تنتج نسخة مقطعة بديلة من جين EgDEF1، تتراكم خلال تطور الزهرة، التي تشفر فيما بعد بروتين EgDEF1 مبتور (الشكل 1).

كل ما سبق يشير إلى أن فقدان مثيلة الحمض النووي عند تسلسل "كَرْمًا"، واختلاف نشاط قطع الجينات، يرتبطان بِسِمَة التغطية في النخيل. وليس من الواضح حتى الآن، ما إذا كانت سمة التغطية ناتجة عن نسخة البروتين المبتورة المنتجة، أم من خلال تراكُم نسخ مشوهة في تسلسل "كَرْمًا"، أم خفض مستويات نسخ، أم كل العوامل السابقة مجتمعةً. وأيًّا كان دور "كَرْمًا"، فإننا نعلم الآن أن هناك نوعين منها: كَرْمًا جيدة، ممثيلة وغير ضارة، وأخرى ضارة، غير ممثيلة ومرتبطة بِسِمَة التغطية.

من المرجح أن اكتشاف أونج عبد الله وزملائه سيوفر وسيلة للكشف المبكر عن النخيل عديم الجدوى الاقتصادية، مما يتيح استبدال النبتة في الوقت المناسب. وسيكون لهذا أهميته الاقتصادية الواضحة، بالإضافة إلى أهميته البيئية. إن زراعة نخيل الزيت تغطي مساحة كبيرة من الغابات الاستوائية، وأي زيادة في إنتاجيتها سوف تسهم في استدامة إنتاج زيت النخيل.

كما أن لهذه النتائج أبعادًا أخرى.. فعلى سبيل المثال.. بيَّن الباحثون أن رسم خرائط المثيلة على نطاق الجينوم يمكن أن يساعد في تحديد مناطق معينة في الجينوم في الكائنات غير النموذجية، مسؤولة عن السمة المطلوبة. وهذا يمهد الطريق لدراسات مماثلة، يمكن أن تسلط الضوء على موضوع التوريث "المفقود"[8]. وإضافة إلى ذلك.. قد يؤدي هذا النهج إلى الكشف عن المزيد من الأدوار التنظيمية الأساسية للعناصر القابلة للنقل، مما يدعم التنبؤات التي أَدْلَت بها مكلينتوك منذ عقود[6]. ■

الشكل 1 | آلية التغطية. يمكن أن تَنْتُج عن تكاثر نخيل الزيت نباتات "مغطاة" معيبة. فقد أثبت أونج عبد الله وزملاؤه[2] أن ظاهرة التغطية تنتج عن ارتباط مجموعات الميثيل بالحمض النووي لعنصر قابل للنقل يُدعى (كَرْمًا) ضمن جين EgDEF1 . **أ**، في النباتات السليمة يكون الحمض النووي لعنصر "كَرْمًا" في حالة مثيلة (كَرْمًا جيدة)، وبالتالي يكون العنصر غير نشط، وهكذا يتم إنتاج نسخ كاملة الطول، وهذا يشمل كل تسلسل تشفير البروتين EgDEF1 (المناطق الملونة)، ويلغي منطقة عدم الترميز (الخطوط السوداء)، بما في ذلك الكَرْمًا الجيدة. **ب**، انخفاض المثيلة يؤدي إلى وجود كَرْمًا ضارة، وهو ما يتسبب في قطع بديل للحمض الريبي لجينEgDEF1، ويؤدي بدوره إلى إنتاج نسخة إضافية تنتهي في تسلسل كَرْمًا، ويقلل من عدد النسخ كاملة الطول المنتجة. يمكن أن تؤدي ترجمة النسخ الشاذة إلى إنتاج نسخ من بروتين مبتور، قد تكون مسؤولة عن ظاهرة التغطية.

جيرزي باسزكويسكي يعمل في مختبر سينسبري، جامعة كمبريدج، كمبريدج CB2 1LR، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: jerzy.paszkowski@slcu.cam.ac.uk

1. Stroud, H. *et al. eLife* **2,** e00354 (2013).
2. Ong-Abdullah, M. *et al. Nature* **525,** 533–537 (2015).
3. Jaligot, E. *et al. Ann. Bot.* **108,** 1453–1462 (2011).
4. Adam, H. *et al. J. Exp. Bot.* **58,** 1245–1259 (2007).
5. Jaligot, E. *et al. PLoS ONE* **9,** e91896 (2014).
6. Profiles in Science: The Barbara McClintock Papers, 'Controlling elements: Cold Spring Harbor, 1942–1967', available online at http://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/Narrative/LL/p-nid/49
7. McClintock, B. *Science* **226,** 792–801 (1984).
8. Manolio, T. A. *et al. Nature* **461,** 747–753 (2009).

علم الظواهر

اخضرار الربيع في ظل ارتفاع درجات الحرارة العالمية

ارتبط ارتفاع درجة الحرارة بالظهور المبكر لأوراق الربيع كل عام. ومع ذلك.. تشير بيانات جديدة إلى أن ظهور الأوراق أصبح أقل حساسية للحرارة مع ارتفاع درجات الحرارة العالمية.

تريفور كينان

فُتِنَ الناس منذ القِدَم وعلى مر القرون بتوقيت قدوم الربيع، وسُمِّي الفصل باسم "انبثاق" الأوراق في الأشجار متساقطة الأوراق (النفضية). وكان من المعروف منذ فترة طويلة أن ظهور أوراق الربيع يرتبط ـ بقوة ـ بدرجة الحرارة[1,2]، حتى في روما القديمة أدرك بِلِيني الأكبر أن ظهور الأوراق كان أفضل كمؤشر للطقس من المجموعات النجمية[3]. وقد ظهرت الأوراق في وقت مبكر خلال القرن الماضي، حيث أصبح الربيع أكثر حرارة. ومع الانبعاثات العالمية الناتجة عن النشاط البشري، التي تتجاوز حاليًّا أسوأ السيناريوهات السابقة[4]، من المتوقع أن تكون العقود القادمة أكثر حرارة.



ELENA ELISSEEVA/ALAMY

الشكل 1 | الاخضرار والتبكير. درجة الحرارة هي العامل المهيمن على تحفيز بداية ظهور أوراق الربيع في الغابات المعتدلة النفضية، لكن فو وزملاءه[5] يعتقدون أن عوامل مثل انخفاض برودة الشتاء تقلل حساسية ظهور أوراق الربيع إلى درجة الحرارة.

فتُرَى، هل سيؤدي ارتفاع درجة الحرارة في المستقبل إلى ربيع مبكر وأكثر اخضرارًا؟ بشأن هذه القضية أعلن فو وزملاؤه[5] عن نتائج تقرير يشير إلى أن العلاقة بين التوقيت الموسمي لظهور الأوراق ـ والظواهر المصاحبة للربيع ـ ودرجة الحرارة، آخذة في التغير.

ساعدت العلاقة بين درجات حرارة الربيع وظهور الأوراق علماء "الفريق الحكومي الدولي المعنِيّ بتغير المناخ"، في استخدام التغيرات في توقيت ظهور الأوراق، كمؤشر رئيس على التأثير البيئي لتغير المناخ[6]. وبِغَضّ النظر عن النتائج في الربيع الأكثر اخضرارًا، فإن الظهور المبكر للأوراق يؤثر على جوانب مختلفة من وظيفة النظام البيئي، ويولِّد ردود أفعال متعددة إلى النظام المناخي[7]. وبذلك تم بناء هذا الظهور المبكر في أحدث نماذج محاكاة أنظمة الأرض، التي تتنبأ بتطور كبير في توقيت ظهور الأوراق تحت ظروف احترار المناخ في المستقبل. وبغرض اختبار العلاقة بين ظهور الأوراق والاحترار، درس فو وزملاؤه نتائج 33 عامًا من الأرصاد، لسبعة أنواع من الغابات عبر 1,245 موقعًا في أوروبا. والمثير للدهشة أنهم اكتشفوا أن ظهور أوراق الربيع أصبح أقل حساسية لدرجة الحرارة مع مرور الوقت (الشكل 1). وتدعو نتائجهم المعتمِدة على الأرصاد إلى التشكيك في توقعات النموذج الحالي، وتشير إلى أن أوراق الربيع قد لا تظهر في وقت مبكر في ظل ارتفاع درجات الحرارة في المستقبل، كما كان متوقعًا في السابق.

وعلى الرغم من أنه من المسَلَّم به عمومًا أن درجة الحرارة هي المحرك الرئيس للظواهر المصاحبة للربيع في الغابات النفضية المعتدلة، إلا أن هناك شكوكًا كبيرة حول مسارات تأثير درجة الحرارة، مع اتفاق ضئيل على ذلك بين نماذج المحاكاة، والتجارب، والأرصاد[8,9]. ويبدو أن توقيت مشكلات الاحترار[10] والاستجابة له تختلف حسب الأنواع، وربما حسب الموقع أو السكان[11]. كما يمكن أن تلعب عوامل أخرى عديدة دورًا، فعلى سبيل المثال.. عوامل أساسية، مثل طول النهار (فترة الضوء)، ومتطلبات السبات الشتوي، وكذلك عوامل الرطوبة وتباين درجة الحرارة. وقد تَبَيَّن أن فترة الضوء يكون لها تأثير قوي على بعض الأنواع، وخاصة على نوع الزان *Fagus*، حيث يكون تأثير درجات الحرارة الدافئة محدودًا، إذا كان النهار قصيرًا للغاية[12].

ثبت أيضًا أن أنواعًا عديدة تحتاج إلى كمية معينة من البرودة في فصل الشتاء قبل خروجها من سباتها[13]. هذه الآلية التطورية التي تهدف إلى منع وقوع أضرار بالغة قد يسببها الصقيع المتأخر للأوراق الصغيرة، وتضمن أن يمر فصل الشتاء بالفعل قبل ظهور الأوراق. ومن المحتمل أن تقوم هذه التغييرات في أي من هذه العوامل بتعديل استجابة ظهور الأوراق لدرجة الحرارة، وتفسِّر الانخفاض في الحساسية لدرجات الحرارة التي سجلها فو وزملاؤه.

اختبر الباحثون ثلاث فرضيات لدراسة الأسباب الكامنة وراء أرصادهم. فقد قاموا بتقييم دور فترة الضوء، ولكن لم يستطيعوا تأكيد أو نفي تأثيرها. ووجد الباحثون كذلك أنه لا توجد أي تغيرات جذرية في توقيت ظهور الأوراق، نتيجة للتغيرات في درجات الحرارة، مما يدل على الأثر المحدود لهذا العامل. وكانت الفرضية الثالثة التي تم اختبارها هي أن الشتاء الأكثر دفئًا أدَّى إلى خفض برودة الشتاء، التي قد تبطئ استجابة ظهور أوراق الربيع في الربيع الأكثر حرارة. وباستخدام نماذج متعددة، أظهر الباحثون أن الانخفاض في برودة الشتاء قد يؤدي إلى انخفاض الحساسية لدرجة الحرارة، على الرغم من أن التغيير في الحساسية لدرجات الحرارة، الذي تنبأت به النماذج كان أصغر بكثير من التغيير الذي رصده الباحثون.

على المدى الطويل، يؤدي هذا الاتجاه المتمثل في انخفاض برودة الشتاء ـ بالتضافر مع انخفاض حساسية ظهور أوراق الربيع لدرجة الحرارة ـ إلى إثارة تساؤلات حول مدى قيام عوامل ـ مثل متطلبات البرودة ـ بالحدّ من استجابة الظواهر المصاحبة للربيع إلى احترار المناخ. ومع ذلك.. فإن الارتباط عاجز عن التفسير السببي، كما نَوَّه الباحث، لأن الحساسية لدرجة الحرارة لم يُلاحظ اختلافها بشكل لافت في السنوات التي كانت أكثر برودة عن السنوات الأقل برودة. وإضافة إلى ذلك.. ليس كل النباتات النفضية لها متطلبات برودة، وكثير من هذه النباتات له متطلبات منخفضة، يتم استيفاؤها حتى في ظل ارتفاع درجات الحرارة التجريبية[14]. وبالنسبة إلى معظم الأنواع، فما زال تأثير متطلبات البرودة غير مفهوم.

يُعتبر الانخفاض في الحساسية لدرجة الحرارة ـ الذي أورده فو وزملاؤه ـ ظاهرة مثيرة للاهتمام، ولكن السبب الجذري له لا زال غير مؤكد. وهناك حاجة إلى المزيد من الأبحاث، بغرض تقييم ما إذا كانت هناك أنواع أخرى ومواقع أخرى يحدث فيها انخفاض مماثل للحساسية لدرجة الحرارة، أم لا، والأهم.. بغرض بحث العديد من السجلات طويلة المدى الأخرى في جميع أنحاء العالم، إلى جانب أرصاد الأقمار الصناعية للحياة النباتية، والبيانات التجريبية، والفهم النظري.

تَظهَر الأوراق في الربيع، نتيجة لاستجابات ثابتة في الشفرة الوراثية للأشجار. وقد يشير هذا إلى أن استجابة الظواهر للمحركات البيئية يجب أن تكون قابلة للتنبؤ بدرجة عالية[15]، ولكننا بعيدون عن وجود علم تنبؤي من علم الظواهر. ولذلك.. فالأرصاد مثل تلك التي قدَّمها فو وزملاؤه، والتي تتحدى النماذج والفهم المعاصر، تقطع شوطًا طويلًا نحو تَوَصُّلنا إلى ذلك العلم. ■

تريفور كينان يعمل بقسم العلوم الحيوية، جامعة ماكواري، سيدني، نيو ساوث ويلز 2109، أستراليا.
البريد الإلكتروني: trevor.keenan@mq.edu.au

1. De Réaumur, R. A. F. *Mém. Acad. R. Sci. Paris* 545–576 (1735).
2. Lieth, H. *Phenology and Seasonality Modeling* (Springer, 1974).
3. Bostock, J. & Riley, H. T. *The Natural History of Pliny* (Bohn, 1857).
4. Le Quéré, C. *et al. Nature Geosci.* **2,** 831–836 (2009).
5. Fu, Y. H. *et al. Nature* **526,** 104–107 (2015).
6. Pachauri, R. K. *et al. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (2014).
7. Richardson, A. D. *et al. Agric. Forest Meteorol.* **169,** 156–173 (2013).
8. Wolkovich, E. M. *et al. Nature* **485,** 494–497 (2012).
9. Richardson, A. D. *et al. Global Change Biol.* **18,** 566–584 (2012).
10. Friedl, M. A. *et al. Environ. Res. Lett.* **9,** 054006 (2014).
11. Parmesan, C. *Global Change Biol.* **13,** 1860–1872 (2007).
12. Zohner, C. M. & Renner, S. S. *New Phytol.* http://dx.doi.org/10.1111/nph.13510 (2015).
13. Laube, J. *et al. Global Change Biol.* **20,** 170–182 (2014).
14. Fu, Y. H., Campioli, M., Deckmyn, G. & Janssens, I. A. *PLoS ONE* **7,** e47324 (2012).
15. Luo, Y., Keenan, T. F. & Smith, M. *Global Change Biol.* **21,** 1737–1751 (2015).

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 10 سبتمبر 2015
طالع نصوص الأبحاث في عدد 10 سبتمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

كيمياء حيوية

بِنْيَة إنزيم جاما سيكريتيز البشري

يتألف مركب إنزيم جاما سيكريتيز البشري من بريسينيلين 1(PS1)، و Pen-2، وAph-1، ونيكاسترين، وهو الإنزيم البروتيني (بروتييز) المضمَّن في الغشاء، الذي يتحكم في عدد من الوظائف الخلوية المهمة، من خلال انقسام الركيزة. ويُعتقد أن خلل هذا الإنزيم يتسبب في الإصابة بمرض الألزهايمر. وتُورِد هذه الورقة البحثية أول بنية ذرية لمركب إنزيم جاما سيكريتيز البشري، الذي تم تحديده عند استبانة 3.4 أنجستروم بواسطة مجهر إلكترون تبريد العينة. توضح البِنْيَة كيف يتم تموضع موقع نشط من بشكل ملحوظ داخل الغشاء، من خلال تفاعلات محددة من المكونات الأربعة للإنزيم. وتؤثر الطفرات المشتقة من مرض الألزهايمر على المخلفات التي تتجمع في اثنتين من النقاط الساخنة، تقع كل منهما في مركز حزمة شرائح رباعية عبر غشائية متميزة في PS1.

An atomic structure of human γ-secretase
X Bai *et al*
doi:10.1038/nature14892

علم الوراثة

مسار جديد لهجين الحمض النووي

هناك أهمية كبيرة للتجميع الذاتي الجزيئي البيولوجي بالنسبة إلى التقنيين النانويين، بسبب تعدد استعمالاته الوظيفية وتوافقها الحيوي. وخلال العقد الماضي، وردت تقارير عن بِنَى نانوية معقدة وحيدة المكون، تتألف تحديدًا من الأحماض النووية، والببتيدات، والبروتينات. واستُخدمت هذه البِنَى النانوية في طائفة واسعة من التطبيقات، من إيصال الدواء إلى الحوسبة الجزيئية. وفي هذه الدراسة، استخدم الباحثون تصميم بروتين حسابي؛ لتخليق مادة نانوية للتجميع المشارك للبروتين-الحمض النووي. ومن خلال تغيير ترتيب مواقع تقييد البروتين على الحمض النووي المزدوج، وهي كتلة جسيمات نانوية غير نظامية، أو أسلاك نانوية بعرض جزيء واحد، يمكن تشكيلها تلقائيًّا بخلط البروتين ولَبِنَات بناء الحمض النووي المزدوج. يضع هذا العمل الأساس لتطوير أصناف جديدة من المواد الهجينة من البروتين والحمض النووي.

Computational design of co-assembling protein–DNA nanowires
Y Mou *et al*
doi:10.1038/nature14874

ارتباط طفرة *p53* بمثيلة الهيستون

النوع البري من جين *p53* يعمل ككابح للورم، لكن عند حدوث طفرة به، قد يعزز الإصابة بالسرطان وبعض أنماط الأورام، كأحد أشكال طفرات كسب الوظيفة (GOF). قارنت شيلي بيرجر وزملاؤها الأنماط المقيدة للجينوم من النوع البري، وطفرات كسب الوظيفة باستخدام تحليل بيانات تسلسل الترسيب المناعي للكروماتين (ChIP-Seq)، ووجدوا أن طفرات *p53* تربط بين مجموعات متميزة من الجينات بالنوع البري من البروتين مع أهداف أساسية أخرى تتضمن إنزيمات ناقل ميثيل الهيستون MLL1 وMLL2، فضلًا عن الإنزيمات المعدلة للكروماتين الأخرى. وتعتمد خلايا *p53* الطافرة اعتمادًا كبيرًا على المسار MLL للنمو، وهي حساسة لمثبطات الجزيء الصغير لوظيفة ناقل الميثيل MLL، وهو ما يشير إلى احتمال وجود وسيلة علاجية جديدة للسرطان الناشئ عن تلك الطفرات تحديدًا.

Gain-of-function *p53* mutants co-opt chromatin pathways to drive cancer growth
J Zhu *et al*
doi:10.1038/nature15251

رصد بداية النَّسْخ وقت حدوثه

سجلت هذه الورقة البحثية تطوير عملية تحليل الملاقط البصرية التي تتكون من جزيء واحد، من أجل رصد دور بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني لحقيقيات النواة في بدء عملية النسخ، وبالتالي الاستفادة من مركب التمهيد للبدء عالي النقاء (PIC) من الخميرة. فقد وجد ستيفن بلوك وزملاؤه أن فقاعة كبيرة فُتحت في قالب الحمض النووي أثناء البدء، مدفوعة بواسطة هيليكيز (TFIIH) الذي يشكل جزءًا من مركّب التمهيد (PIC). ويرافق ذلك تخليق نسخة موسعة، قبل الانتقال من بدء النسخ إلى الاستطالة. قد تكون هذه النتائج ذات صلة أيضًا بحقيقيات النواة العليا، بما في ذلك عديدات الخلايا.

Real-time observation of the initiation of RNA polymerase II transcription
F Fazal *et al*
doi:10.1038/nature14882

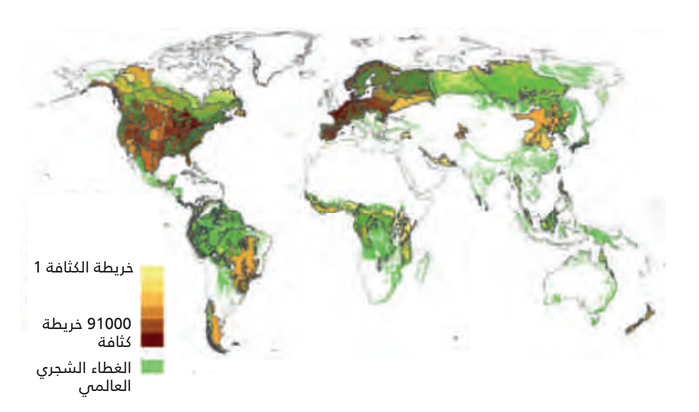
علم البيئة

ثلاثة مليارات من الأشجار، ويزيد

اعتمد واضعو السياسات وعلماء البيئة ـ لعدد من السنوات ـ على التقديرات العالمية لأعداد الأشجار، التي تبلغ 400 مليار شجرة، وذلك لدى اعتبارهم لمشاركة الأشجار في الدورات الجيوكيميائية الحيوية، وإسهامها في النظام البيئي. تم الحصول على الصورة بواسطة القمر الصناعي، وتمت معايرتها بناء على المساحة العالمية للغابات، والمكافئ لنسبة الأشجار إلى البشر، التي تبلغ (61 : 1)، ولكن هذا التقدير غير ملائم للتقدير الأرضي الأكثر صحة، الذي يقول بوجود 390 مليار شجرة في حوض الأمازون وحده. وقد قام توماس جروثر وآخرون بتمديد نطاق ذلك النهج لسطح الأرض بأكمله، باستخدام تقديرات كثافة مُقَاسَة تفوق الأربعمائة ألف؛ لتحديد خريطة واضحة مكانيًّا للكثافة الشجرية على نطاق عالمي. وباستخدام تلك الخريطة، توصَّل الباحثون إلى تقدير تجريبي للعدد العالمي للأشجار، وهو 3 مليارات تقريبًا.

Mapping tree density at a global scale
T Crowther *et al*
doi:10.1038/nature14967

الشكل أسفله | خريطة نقاط البيانات، وبيانات كثافة المستوى الحيوي الخام للغابات. أ، تسلِّط الصورةُ الضوءَ على المناطق البيئية (ملفات السكل المتوفرة بواسطة منظمة حفظ الطبيعة (http://www.nature.org)، التي تم من خلالها تجميع القياسات أرضية المصدر الـ421,529 للكثافة الشجرية. يشير التظليل إلى العدد الكلي لمقاييس الرسم المجمعة بكل منطقة بيئية. تراكبت خريطة الغابات العالمية بالأخضر، لتسليط الضوء على أن البيانات المجمَّعة تقوم بمسح معظم أنظمة الغابات على نطاق عالمي.



فيزياء كمية

غِشّ المبدأ

يتم تحديد الحد الأدنى من عدم اليقين بالتجربة الكمية بواسطة حدّ هايزنبرج. ولا يمكن انتهاك مبدأ هايزنبرج، لكن يمكن خيانته، وهو ما يحدث في تقنية البصريات الكمية المعروفة "الكبس". ينطوي هذا على التقليل من تقلبات متغير واحد من طور ضوئي خارج الحد الكمي، وذلك على حساب تعزيز التقلبات لطور آخر. فقد تنبّأ دان وولز، وبيتر زولر منذ أكثر من ثلاثين عامًا بأن ذلك التأثير ينبغي أيضًا أن يكون قابلًا للتحقيق للفوتونات المفردة، ولكن الوصول إلى تحقُّق تجريبي كان بعيد المنال. ونجح ميتي أتاتور وزملاؤه الآن في قياس انبعاث مستقر مشارِك لفوتونات مفردة، أو "غير محتشدة"، وهي فوتونات من نقطة كمية ذات معدل كشف فوتوني مرتفع، حيث قاموا بالبرهنة على أن التقلبات الخاصة بمتغير واحد يمكن أن تكون أقل بمقدار 3% من الحد الكمي الأساسي، مما يؤكد على التنبؤ المتميز بأن الطور الكمي للفوتونات المفردة يمكن تقليصه.

Quadrature squeezed photons from a two-level system

C Schulte *et al*

doi:10.1038/nature14868

كيمياء

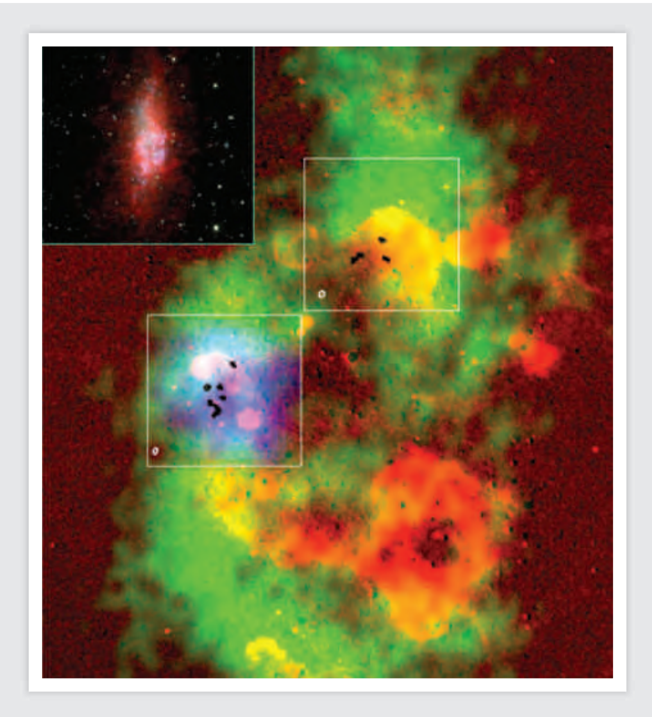
الأوزميوم عند درجات ضغط متطرفة

يُعَدّ عنصر الأوزميوم ـ وهو أحد عناصر مجموعة البلاتينيوم ـ واحدًا من أكثر العناصر غير القابلة للانضغاط، ولا يُعرف إلا القليل حول استجابته للضغط المتطرف، لأنه من العسير للغاية الوصول إلى نظام الضغط المطلوب. بلَّغ ليونيد دوبروفينسكي وآخرون عن ترصُّد حيود الأشعة السينية لمسحوق الأوزميوم عند ضغوط ثابتة مرتفعة بطريقة غير مسبوقة، تم اكتسابها باستخدام تقنية خلية سندان الماس النانوي الكروي المجهري الحديثة. وقد قام الباحثون بالكشف عن شذوذ خفي بكيفية تطوُّر بِنْيَة المعدن عند ضغوط تفوق 770 جيجا باسكال (7.7 ميجا بار). تعزو الحساباتُ المتقدمة الشذوذَ إلى نوع من التحول الإلكتروني المعروف سابقًا بمجموعة البلاتينيوم، وينتج عن تفاعلات مستحثة بالضغط بين إلكترونات اللب، مما يؤدي إلى تغيرات ملحوظة في خواص المادة. تفتح القدرة على إجراء تجارب عند ضغوط ثابتة تؤثر على لب الإلكترونات الخاص، حتى في أكثر العناصر انعدامًا لقابلية الانضغاط، آفاقًا جديدة في البحث عن أطوار جديدة من المادة تحت ظروف متطرفة.

The most incompressible metal osmium at static pressures above 750 gigapascals

L Dubrovinsky *et al*

doi:10.1038/nature14681



فلك

سُحُب CO في مَجَرَّة مكوِّنة للنجوم

تمتلك المَجَرَّة القزمة غير المنتظمة وولف-لوندمارك-ميلوتي (WLM) بكوكبة "قيطس" درجة تمعدن منخفض بشكل ملحوظ (مستوى منخفض من العناصر الأثقل من الهيليوم)، تبلغ فقط 13% من تلك الخاصة بالشمس. ويساعد هذا على جعلها نموذجًا مفيدًا لدراسة التشكُّل النجمي تحت ظروف مقاربة لتلك الخاصة بالكون المبكِّر. لاحظت مونيكا روبيو وزملاؤها ترصُّدًا تداخليًّا لسُحُب أول أكسيد الكربون بوولف-لوندمارك-ميلوتي. إنّ السُّحُب ضئيلة، مقارنةً بالمغلفات الذرية والهيدروجينية المحيطة بها، ولكنها تمتلك كثافات نموذجية، وكثافات عمودية لسُحُب أول أكسيد الكربون بدرب التبانة. تفسر كثافة أول أكسيد الكربون الاعتيادية السبب في كوْن الحشود النجمية المتشكلة بغير المنتظمات القزمة تمتلك كثافات مشابِهة للحشود النجمية بالمجرّات الحلزونية العملاقة. وتشير كُتَل السُّحُب المنخفضة إلى أن تلك الحشود ستكون أيضًا ذات كتلة منخفضة.

Dense cloud cores revealed by CO in the low metallicity dwarf galaxy WLM

M Rubio *et al*

doi:10.1038/nature14901

الشكل أعلاه | سحب أول أكسيد الكربون الدقيقة بمجرة WLM. مركب لوني لأطوار الغاز المختلفة بمجرّة WLM: الأخضر هو HI، والأحمر هو Hα، والأزرق هو [CII] λ158 ميكرومترًا. تم عرض انبعاثات أول أكسيد الكربون كخطوط كونتور سوداء بداخل المربعات السوداء الـ1 دقيقة قوسية x 1 دقيقة قوسية التي تحيط المساحة المرسومة بـ(Co-0 1) بواسطة تليسكوب ألما. تم عرض نبضة تليسكوب ألما المخلّقة (″1.3 x ″0.9) بأسفل الزاوية اليسرى من كل مربع. تمثل الصورة المرفقة بأعلى اليسار المنظور الكامل لمجرة WLM الذي تم الحصول عليه بواسطة جمع بيانات HI مع البيانات البصرية: الأحمر هو HI، والأخضر هو الحزمة-في، والأزرق هو GALEX FUV.

علم المناخ

الجسيمات "الحيوية" المكوِّنة للجليد

يمكن أن يكون لوجود الجليد في السُّحُب تأثير على فترة حياة السحابة، وخواصها الإشعاعية. وما زال غير مؤكد أن يكون رذاذ البحر بمثابة جسيمات تنوية جليدية تسهِّل تشكُّل الجليد بالغيوم. تكشف تلك الدراسة عن أن المادة العضوية بالسطح البيني للبحر والهواء قد تكون مشتقة من إفرازات خلية العوالق النباتية، التي تقوم بتنوية الجليد تحت ظروف ذات صلة بتشكُّل سحابة الجليد في بيئة الغلاف الجوي. تشير نماذج المحاكاة إلى أن المادة العضوية البحرية قد تكون مصدرًا مهمًّا لجسيمات التنوية الجليدية في بيئات بحرية نائية، كالمحيط الجنوبي.

A marine biogenic source of atmospheric ice-nucleating particles

T Wilson *et al*

doi:10.1038/nature14986

تأشير هرمون الجسمونات

ينظِّم مسار التأشير - الذي يُطْلِقه الهرمون النباتي "جسمونات" - استجابات النبات للإجهاد، وعمليات نموه وتطوره. فعلى المستوى الجزيئي، يعمل نطاق بروتينات الهرمون (JAZ) بمثابة مستقبِلات مشاركة، لكنها تقمع أيضًا نشاط عوامل النسخ MYC، التي هي مطلوبة لنقل إشارة الهرمون. استخدم شنج يانج وزملاؤه التصوير البلوري بالأشعة السينية؛ للإجابة عن سؤال: كيف يمكن لهذه البروتينات تبديل الأدوار بين قامعات لعوامل النسخ

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ومستقبِلات مشاركة؟ وكانت الأبحاث السابقة قد بيّنت أن تكرار الحمض النووي (Jas) يرتبط بالهرمون النباتي في شكل لولب مفكَّك جزئيًّا. أما في هذا البحث، فقد وجد الباحثون أن تكرار الحمض النووي يشكل لولب – ألفا مكتملًا عند ارتباط بعامل عامل النَّسْخ MYC. ونتيجة لذلك.. يصبح (Jas) جزءًا من النهاية الأمينية للسلسلة عديدة الببتيد لعامل النسخ MYC؛ مما يؤدي إلى تغيير متعلق بتكوين جزئي ملحوظ في MYC. وتثبط حالة التنافس على الارتباط هذه تفاعُل عامل النسخ MYC مع وحدة فرعية من مركّب الوسيط النسخي، مما يقمع نشاطه النسخي.

Structural basis of JAZ repression of MYC transcription factors in jasmonate signalling
F Zhang *et al*
doi:10.1038/nature14661

علم الأعصاب

خلايا حمض الجاما-أمينوبيوتيريك

يتطلب التعلم التعاوني التفريق بين المكافأة الفعلية والمتوقعة، وهي العملية التي يُعتقد أنها تعتمد على خلايا الدوبامين العصبية في المنطقة السقيفية البطنية. وقد كانت الكيفية التي يتم بها حساب (خطأ التنبؤ) موضوع جدل كبير. فقد استخدم ناوشيجي أوشيدا وزملاؤه مبادئ الوراثيات البصرية والتسجيلات خارج الخلية في الفئران حسنة السلوك؛ لإظهار أن الحساب ينطوي على الطرح، بدلًا من القسمة، وأن خلايا حمض الجاما-أمينوبيوتيريك العصبية في المنطقة السقيفية البطنية (التي ترمز لتوقع المكافأة) توفر خلايا الدوبامين العصبية مع الإشارة التي تطالب بحساب خطأ التنبؤ.

Arithmetic and local circuitry underlying dopamine prediction errors
N Eshel *et al*
doi:10.1038/nature14855

علم الأمراض

أدلة محتملة لانتقال مرض الألزهايمر

أسفر علاج الأطفال بهرمون النمو (hGH) المستمَدّ من الجثث البشرية ـ الملوث بالبريونات ـ عن انتقال لمرض كروتزفيلد-جاكوب (iCJD). ومع توقُّف استخدام تلك الطريقة العلاجية في عام 1985، كان لمرض كروتزفيلد-جاكوب فترة حضانة طويلة، نتج عنها ظهور حالات جديدة. وكشفت دراسة تشريح جثث لثمانية مرضى بمرض كروتزفيلد-جاكوب iCJD ، تتراوح أعمارهم بين 36–51 عامًا، بشكل غير متوقع عن ترسب أميلويد-بيتا في المادة الرمادية، وهي مادة مماثلة لما يتم رصده في حال الإصابة بمرض الألزهايمر، وعلى جدران الأوعية الدموية، وهو الشكل المميز لاعتلال الأوعية الدماغية. ولم يكن لدى أيٍّ من هؤلاء المرضى الطفرات المسببة للأمراض، أو الأليلات التي تحمل نسبة خطورة عالية، وترتبط ببداية ظهور مرض الألزهايمر. الأهم من ذلك.. تم الكشف عن باثولوجية أميلويد بيتا في الأفراد المصابين بعدوى البريون، الذين تلقّوا هرمون النمو hGH. ويشير هذا إلى أن الأفراد الأصحاء الذين يتعرضون لهرمون النمو hGH قد يكونون أيضًا عرضة للإصابة بمرض ألزهايمر علاجي المنشأ، واعتلال الأوعية الدماغية.

Evidence for human transmission of amyloid-β pathology and cerebral amyloid angiopathy
Z Jaunmuktane *et al*
doi:10.1038/nature15369

بيولوجيا الخلية

خلايا نادرة تَبْرُز من الحشد

إن تحديد أنواع الخلايا النادرة ذات الأهمية الفسيولوجية في التجمعات الخلوية المختلطة، وتتبُّعها، يمثلان تحديًا كبيرًا. تتناول هذه الدراسة ـ الناتجة عن تعاون مختبرات هانز كليفرز، وألكسندر فان أوودينااردن ـ تلك القضية، من خلال تطبيق فك تتابعات الحمض الريبي المرسال وحيد الخلية لعضيات الفأر المعوية. فقد طوَّر الباحثون خوارزمية، تُسمى RaceID، تتيح تحديد نوع الخلية النادرة في التجمعات الخلوية المعقدة، والمكونة من خلايا مفردة. وحددوا علامة لخلايا الغدد الصماء المعوية النادرة للأمعاء. ويكشف تحليل خلايا من الأمعاء الأولية للفأر باستخدام هذه الطريقة أن التجمعات الخلوية المعبرة عن جين *Lgr5* تتكون من تجمعات خلوية متجانسة من الخلايا الجذعية مع عدد قليل من الخلايا الإفرازية النادرة، بما في ذلك خلايا بانيث.

Single-cell messenger RNA sequencing reveals rare intestinal cell types
D Grün *et al*
doi:10.1038/nature14966

علم التطور

الإيونوتوصوروص تَحَوَّل إلى سلحفاة

ظل تطوُّر الزواحف المبكرة ـ المسجَّل في السجل الأحفوري ـ قصة معقدة وخاصة، من حيث التحول الضمني بين السلحفاة القديمة ذات الجمجمة التي تحمل فتحات خلف كل عين إلى جمجمة السلاحف المعاصرة المغلقة. يُعَدّ الإيونوتوصوروص الأفريقي *Eunotosaurus africanus* من الزواحف غير الاعتيادية، التي عاشت منذ 260 مليون عام فيما يُسمى الآن بجنوب أفريقيا. ويتصف هذا النوع بأضلاع واسعة وممتدة، وكان رَأْي البعض أنه يمثل الأشكال المبكرة للسلاحف البرية والبحرية. ويشير تحليل التصوير المقطعي وتطور السلالات المحوسب لجمجمة الإيونوتوصوروص الأفريقي إلى أنه ليس فقط أحد أفراد العائلة المبكرة بالمجموعة، لكنه تطوَّر بالفعل للشكل الحديث من الزواحف.

Evolutionary origin of the turtle skull
G Bever *et al*
doi:10.1038/nature14900

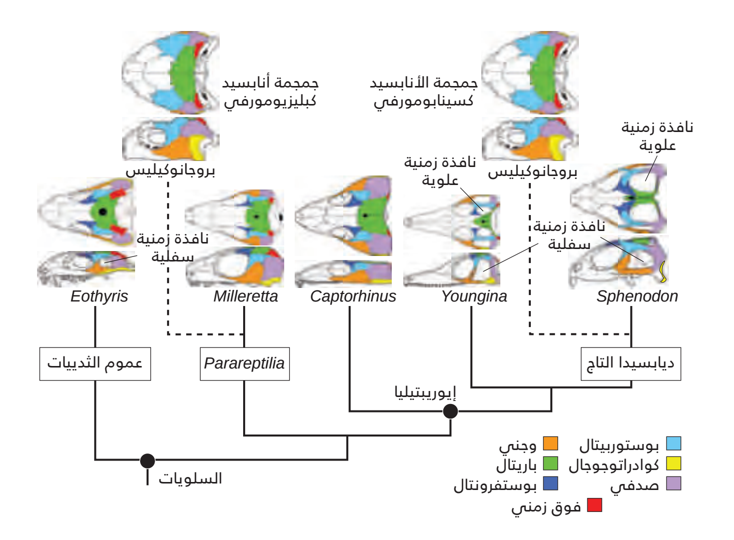
الشكل أسفله | الفرضيات المتنافسة لأصل جمجمة الأنابسيد anapsid الخاص بالسلاحف الحديثة. وتاريخيًّا، يغلق هذا شرطًا كان مقبولًا، كحفظ طور الحيوان السلوي amniote السلفي مع السلاحف التي يعود أصلها إلى أشكال انقرضت منذ فترة طويلة مبكرة. وترفض التحليلات الأكثر حداثة بشكل كبير تلك الفرضية لأصل السلحفاة مجموعة تاج الديابسيدا، وهو الإشعاع الذي يشمل السحالي والثعابين والتيوتارا tuatara والتماسيح والطيور التي تتميز بجمجمة ذات نوافذ زمنية علوية وسفلية (UTF وLTF على التوالي).

علم النبات

طريقة عمل هرمون "فايتوسالفوكاين"

يؤثر هرمون النبات "فايتوسالفوكاين" PSK على نمو النبات وتطوره، عن طريق تقييده إلى كينيز PSKR، وهو كينيز مستقبِل غنيّ بالليوسين، لكنه لم يكن معروفًا كيف يتعرف الهرمون على الكينيز، ويقوم بتنشيطه. فقد حدَّد جيجي تشاي وزملاؤه البِنَى البلورية لنطاقات PSKR خارج الخلية في صورتها الحرة، وفي صورتها المقيّدة إلى PSK، أو إلى مستقبِل مشارك. تكشف البِنَى والأدلة الداعمة أنه عندما يتفاعل الهرمون مع الكينيز PSKR، فإنه يعزز التفاعل بينه وبين المستقبِل المشارك SERK. ومن الجدير بالذكر أن هرمون PSK لا ينخرط بشكل مباشر في تفاعل PSKR-SERK؛ لكنه يهتم بتحقيق الاستقرار في نطاق PSKR، بحيث يمكنه تجنيد SERK. يمكن أن يوفر هذا العمل الأساس لتصميم جزيئات صغيرة خاصة بـكينيز PSKR.

Allosteric receptor activation by the plant peptide hormone phytosulfokine
J Wang *et al*
doi:10.1038/nature14858



علم الأورام

الخلايا الجذعية السرطانية "مختلفة"

أدّت أوجه التشابه بين الخلايا البادئة للسرطان، والخلايا الجذعية في الأنسجة الطبيعية إلى اقتراح أنّ تنشيط برنامج الخلايا الجذعية في الأنسجة قد يولِّد الخلايا البادئة للورم. فقد أوضح روبرت واينبرج وزملاؤه أن البرنامج الانتقالي للتحول من الخلايا الظهارية إلى الالتحام المتوسط (EMT)، الذى هو أمر شائع في كل من إعادة تشكيل الخلايا الجذعية الثديية، والخلايا البادئة لورم الغدة الثديية، ينظم بشكل مختلف من قِبَل عاملَيْن من عوامل التحول من الخلايا الظهارية إلى الالتحام المتوسط Slug، وSnail. وتبين هذه النتائج أنه على الرغم من تشابهها، فالخلايا الجذعية للأنسجة الطبيعية والخلايا البادئة للورم يتم التحكم فيها بواسطة عمليات تنظيمة متميزة. ويمكن استغلال هذا التمييز في تصميم الأدوية؛ لاستهداف بدء الورم.

Distinct EMT programs control normal mammary stem cells and tumour-initiating cells

X Ye *et al*

doi:10.1038/nature14897

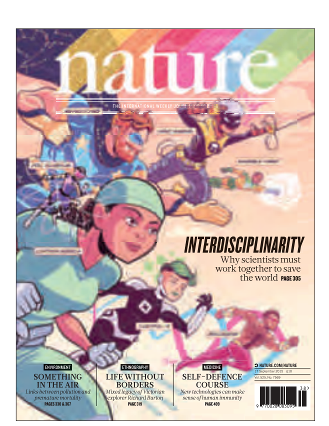
نموذج لتبديل فئة الجلوبيولين المناعي

على الرغم من أن الورم الكبير قد يحتوي على مليارات الخلايا، إلا أن هذه الكتل الخلوية متجانسة إلى حد كبير. ومن المتوقع أن تكون كتلة من الخلايا الطبيعية بهذا الحجم متنوعة وراثيًّا، بسبب بطء تجمُّع الطفرات العشوائية المتواضعة التالية لانقسامات الخلية، مما يثير مسألة: كيف يمكن للسرطانات الحفاظ على التجانس في مثل هذا النطاق؟ يقترح مارتن نواك وزملاؤه نموذجًا لتطور الورم، قد يفسر كيف يمكن أن توفر الهجرة قصيرة المدى ودوران الخلية بيئة للخلط الخلوي السريع داخل الورم، تسمح حتى بميزة انتقائية صغيرة؛ للسيطرة على كتلة الخلايا في إطار زمني مناسب.

A spatial model predicts that dispersal and cell turnover limit intratumour heterogeneity

B Waclaw *et al*

doi:10.1038/nature14971



غلاف عدد 17 سبتمبر 2015

طالع نصوص الأبحاث في عدد 17 سبتمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الأعصاب

تعقُّب الذاكرة بالعناصر الوراثية

لقد كانت هناك دومًا تكهنات حول الارتباط البنيوي بين التغيرات في استقرار نتوءات الخلايا العصبية، وتقويتها بالذاكرة، ولكن لم تتوافر الأدوات اللازمة لإثبات هذه الصلة. طوَّرت أكيكو هاياشي-تاكاجي وزملاؤها مِجَسًّا منشطًا ضوئيًّا جديدًا، يستهدف النتوءات العصبية حديثة النشاط لاختبارها. وقد لوحظ أن الانكماش المستحثّ بصريًّا للنتوءات المحفزة، عقب مهمة تعليمية حركية، يعوق عملية التعلم، مما يشير إلى وجود علاقة سببية بين المجموعة الفرعية المحددة من النتوءات العصبية المستهدفة، والسلوك المكتسَب.

Labelling and optical erasure of synaptic memory traces in the motor cortex

A Hayashi-Takagi *et al*

doi:10.1038/nature15257

فيزياء

تناظر التكافؤ-الزمن

النقاط الاستثنائية هي تفردات singularities بدوال الطاقة لنظام فيزيائي يستطيع إنتاج تأثيرات غير معتادة. كانت تلك النقاط الاستثنائية موجودة حتى وقت قريب نظريًّا، لكنها اكتسبت الاهتمام مجددًا مع براهين تجريبية بالأنظمة البصرية، كما في الليزر ذي اعتمادية الضخ المعكوسة، والهياكل الفوتونية مع انتقال أحادي الاتجاه أو الانعكاس. تشمل غالبية الدراسات الأنظمة ذات "تناظر التكافؤ-الزمن"، حين يكون الكسب ـ فضلًا عن الفقد الاصطناعي ـ مطلوبًا، وهو مزيج غير مرغوب فيه بالتطبيقات العملية. يبرهن بو زين وزملاؤه بالبرهان النظري وبالتجارب العملية على وجود بنية فوتونية (شريحة بلورية فوتونية سميكة)، حيث يمكن تخليق حلقة متصلة من النقاط الاستثنائية عبر هيكل حزمة طاقة مضبوطة بعناية. ويمكن لهذا النهج أن يفتح الطريق للوصول إلى الخصائص الفيزيائية غير المعتادة، التي يمكن استغلالها على سبيل المثال في السيطرة على التقدم الضوئي.

Spawning rings of exceptional points out of Dirac cones

B Zhen *et al*

doi:10.1038/nature14889

الكهربية الحديدية/ المغناطيسية

يقود البحث عن مواد درجة حرارة الغرفة الإلكترومغناطيسية متعددة الخواص الحديدية، حيث تجمع بين الكهربية الحديدية والمغناطيسية الحديدية الرغبة القوية لتصنيع أجهزة وظيفية جديدة. والكهربية الحديدية Ferroelectricity هي الترتيب طويل المدى لثنائيات القطب الكهربية ذرية النطاق، التي تستطيع الانتقال بواسطة مجال كهربي. أما المغناطيسية الحديدية، فهي ترتيب طويل المدى لثنائيات القطب المغناطيسية، التي يمكن أن تنتقل بواسطة مجال مغناطيسي. يُعَدّ الجمع بين الاثنين إشكالية نتيجة للمتطلبات المتعاكسة لإدراك هاتين الخاصيتين. يبين ماثيو روزينسكي وزملاؤه إمكانية الجمع بين الكهربية الحديدية والمغناطيسية الحديدية بكتلة من أكسيد البيروفسكايت عند درجة حرارة الغرفة، بواسطة بناء شبكة متخللة من الأيونات المغناطيسية المتفاعلة داخل سقالة شبيكة قطبية هيكلية. وينبغي أن تسمح تلك الطريقة بتوليد مدى من مواد حديدية متعددة قابلة للضبط لتطبيقات عملية محتملة.

Designing switchable polarization and magnetization at room temperature in an oxide

P Mandal *et al*

doi:10.1038/nature14881

هندسة الموصِّلات الفائقة

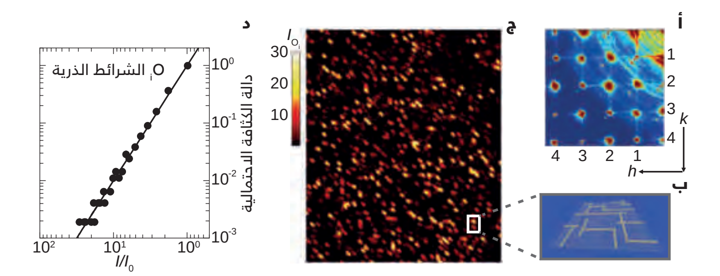
تفضِّل الهندسة طور درجة حرارة التوصيلة الفائقة الانتقالي المرتفع (T_c) المنبثق عن الوجود المشترك للشحنة-الكثافة-الموجة والاضطراب المُخمَد. استخدم جيتانو كامبي وزملاؤه تصوير الأشعة السينية الحيودي المجهري لدراسة التوزيع المكاني لبِرَك الشحنة-الكثافة-الموجة والاضطراب المُخمَد بـ$HgBa_2CuO_{4+y}$. وقد قاموا بتوصيف مشهد مكاني معقد غير متجانس، ناتج عن الترابط بين الشحنة وترتيب الإشابة. تُظْهِر بِرَك الشحنة-الكثافة-الموجة توزيعًا حجميًّا نموذجيًّا للتنظيم الذاتي بالقرب من نقطة حرجة، وهو ما يشبه فقاعات البخار بالماء المغلي. ويُظْهِر الاضطراب المُخمَد تعارضًا توزيعيًّا مع التوزيع غير المترابط العشوائي المفترض المعتاد.

Inhomogeneity of charge-density-wave order and quenched disorder in a high- T_c superconductor

G Campi *et al*

doi:10.1038/nature14987

الشكل أسفله | الاضطراب المُخمَد المترابط الناتج عن الشرائط الذرية Oi بـ Hg1201، أ، جزء من نمط الحيود *h-k*. تربط شرائط دقة الفصل المحدودة قمم براج، بسبب تشكيل أربطة O_i بطبقات الفاصل HgO_y. **ب**، تمثيل تخطيطي للشرائط الذرية O_i. **ج**، خريطة SμXRD لمنطقة عرض شدة شريط O_i النسبة I_{Oi} . تعود البقع المشرقة (المعتمة) إلى



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مناطق عينة مع كثافة مرتفعة (منخفضة) للشرائط الذرية O_i، وتدعى مناطق غنية بالـ O_i (فقيرة). **د،** دالة الكثافة الاحتمالية المحسوبة من خريطة شدة الشرائط O_i-.

علم الوراثة

النشاط المضاد للالتهابات

لقد ظل دور بروتينات Tet في تنظيم أنشطة المناعة والالتهاب ـ والمستقل عن دورها فوق الجيني في تحوير مثيلة الحمض النووي ـ غير معروف إلى حد كبير. إن إنزيم Tet2، الذي يُعرف بتحفيز مثيلة هيدروكسي الحمض النووي الجديد، يَظْهَر له دور جديد في تنظيم الالتهاب. وعلى وجه التحديد.. يعمل Tet2 بمثابة قامع نسخي، من خلال تجنيد مثبط إنزيم هيستون نازع الأسيتيل HdaC2 إلى محفز إنترلوكين-6، في سياق استبانة الاستجابة الالتهابية المستحثة بعديد السكاريد الشحمي (LPS).

Tet2 is required to resolve inflammation by recruiting Hdac2 to specifically repress IL-6

Q Zhang *et al*

doi:10.1038/nature15252

إنهاء تضاعُف الحمض النووي

حددت البكتيريا التتابعات التي ينهي عندها تضاعف الحمض النووي، لكن حقيقيات النواة ـ وذلك بالتوافق مع مناطقها، لبدء التضاعف الأكثر استرخاء ـ ليس لديها مواقع محددة للإنهاء. وبدلًا من ذلك.. كان يُعتقد أن الإنهاء يحدث عندما تتصادم الريبلوسومات التي تتحرك في اتجاهين متعاكسين. ومؤخرًا، درَس يوهانس والتر وزملاؤه ما يحدث أثناء تلاقي شوكة التضاعف في مستخلص بيض *Xenopus laevis*. وجد الباحثون أنه حتى مع اقتراب الريبليسومات لبعضها البعض، فإنها لا تتباطأ، بل تمر بجانب بعضها البعض، مع الإبقاء على الاتصال مع الجديلة المتقدمة. يحدث الإنهاء عندما يصادف الريبلوسوم الجديلة المتأخرة من التفرع الآخر، بعد أن يقع ربط الحمض النووي.

The mechanism of DNA replication termination in vertebrates

J Dewar *et al*

doi:10.1038/nature14887

علم المناخ

علاقة تلوُّث الهواء بازدياد معدَّل الوفيات

يمكن ربط الوفيات المبكرة بنطاق واسع من الأسباب التي تشمل تأثير ملوثات الهواء الطلق، كالأوزون، والجسيمات الدقيقة على صحة البشر. تستقصي تلك الورقة البحثية الرابط بين الوفيات المبكرة، وسبعة مصادر لملوثات الغلاف الجوي بالبيئات الحضرية والريفية. يكتشف جوس ليليفلد وزملاؤه أن تلوث الهواء الطلق ـ في الأغلب بواسطة الجسيمات الدقيقة ـ يؤدي إلى ثلاثة ملايين حالة وفاة مبكرة سنويًّا حول العالم. وللانبعاثات الناتجة عن طاقة القطاع السكني ـ المستخدَمة للتسخين والطهي، السائدة بالهند والصين ـ التأثير الأكبر على الوفيات المبكرة عالميًّا، أما في مساحات واسعة من الولايات المتحدة، ودول أخرى قليلة الانبعاثات، ينتج التلوث عن الازدحام المروري، وتوليد الطاقة، بينما في شرق الولايات المتحدة، وأوروبا، وروسيا، وشرق آسيا، تصنع الانبعاثات الزراعية الإسهام النسبي الأكبر للجسيمات الدقيقة مع الآثار الصحية الشاملة، اعتمادًا على افتراضات متعلقة بسُمِّيَّة الجسيمات.

The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale

J Lelieveld *et al*

doi:10.1038/nature15371

الشكل أعلاه | الوفيات المبكرة المرتبطة بتلوث الهواء الطلق في عام 2010. وحدات الوفيات المبكرة، الوفيات بالنسبة إلى المساحة 100 كم x 100 كم (مكوَّدة لونيًّا). في المساحات البيضاء، رُصد المتوسط السنوي لـ $PM_{2.5}$ و O_3 أسفل القيم العتبية للتركيز-الاستجابة، حين لا تكون هناك وفيات مبكرة متوقَّعة.

إنهاء تَضاعُف الحمض النووي في بكتيريا

تمتلك بكتيريا *Escherichia coli* أصلًا واحدًا لعملية تَضاعُف الحمض النووي، حيث يتحرك منه مركّبان للتضاعف (ريبليسوم)، في اتجاهين متعاكسين. ويجتمعان في حوالي منتصف الطريق حول الكروموسوم الدائري المفرد، في منطقة الإنهاء (*Ter*). وموقع *Ter* مقيّد بواسطة بروتين Tus، لكنه ليس فعالًا تمامًا في إيقاف عملية التضاعف؛ فما يقرب من نصف الريبلوسومات سينجح في تجاوز هذه العقبة. يوضح سمير حمدان وزملاؤه أن مزيجًا من معدل حركة الريبليسوم، وديناميات تفاعل بروتين Tus، مع *Ter* وإزاحته، تفرض كفاءة الإنهاء. وبناء على ذلك.. فإن سرعة آلية التكرار هي التي تحدد نتيجة اللقاء.

Replisome speed determines the efficiency of the Tus2Ter replication termination barrier

M Elshenawy *et al*

doi:10.1038/nature14866

حَثّ الأحماض النووية الريبية المُحَسِّنة

الأحماض النووية الريبية المُحَسِّنة (eRNAs) هي أحماض نووية ريبية غير مرمزة، يتم نسخها من المحسِّنات النشطة، التي يبدو أن لها دورًا في الحث النسخي للجينات المستهدفة. يبرهن رامين شيختار وزملاؤه على وجود دور للمركّب المرتبط بالبوليميريز الثاني للحمض النووي الريبي، في عملية الحث المعتمدة على تحفيز الأحماض النووية الريبة المحسنة ومعالجة نهاياتها '3. وجنبًا إلى جنب مع الأدوار المعروفة سابقًا لذلك المركَّب المؤثر على بدء عملية النسخ ومعالجة الحمض النووي الريبي، تشير هذه النتائج إلى أن له مهام واسعة في تنظيم التعبير الجيني لحقيقيات النواة.

Integrator mediates the biogenesis of enhancer RNAs

F Lai *et al*

doi:10.1038/nature14906

علم التطور

أثر لُدُونة الشكل الظاهري على التكيُّف

قد يكون لِلُدُونة الشكل الظاهري دور في التكيف التطوري للعشائر مع الظروف البيئية المتغيرة، لكن لم يكن واضحًا ما إذا كانت هذه اللدونة تيسِّر، أم تعوق عملية التكيف. سمح هؤلاء الباحثون لسَمَك الجابي أن يتطور في بيئة جديدة خالية من الحيوانات المفترسة، وألقوا نظرة على التغيرات الناتجة في التعبير الجيني. واستنتجوا أن الجينات التي أظهرت اختلافًا في التعبير عن نفسها، لم تنتمِ للفئة التي أظهرت لدونة تكيُّفية سابقًا، بل انتمت إلى الفئة الأخرى التي لم تتسم بلدونة في التعبير الجيني في عشيرة الأسلاف. وبعبارة أخرى.. فالجينات التي يتفاعل تعبيرها مع البيئة بطريقة مفيدة تميل إلى عدم التطور، استجابةً للانتخاب، في حين أن تلك التي تتغير تعبيراتها تكون ضارة، ويتم انتخابها بقوة.

Non-adaptive plasticity potentiates rapid adaptive evolution of gene expression in nature

C Ghalambor *et al*

doi:10.1038/nature15256

علم النبات

جزيء دفاع جديد بالنباتات

تخلق النباتاتُ مركّبات صغيرة متنوعة؛ للتصدي للمخاطر البيئية، مثل مسبِّبات الأمراض. فقد حدَّدت إليزابيث ستيلي وزملاؤها عائلة من نواتج الأيض، لم تكن معروفة سابقًا في نبات *Arabidopsis thalian*، ووصفوا مسار التخليق الحيوي الكامل لها. ويُعتبر الناتج الأيضي المهم في تلك العائلة هو 4-هيدروكسي إندول3-- كربونيل النتريل (4-OH-ICN). ومما يثير الاهتمام والفضول، هو إنتاج هذا المركّب لسيانيد الهيدروجين، وهو أمر غير مسبوق في النباتات، ويُعَدّ من النادر وجوده في الطبيعة. وإضافة إلى ذلك.. يمكن أن يعزز هذا المركب مناعة النبات ضد مسبِّبات الأمراض، وهو ما يؤكده تعرُّض النباتات ذات الطفرات في مسار التخليق الحيوي لمركب (4-OH-ICN) للإصابة بالميكروبات. يرى الباحثون أن (4-OH-ICN) يعمل جنبًا إلى جنب مع مركّب كامالكسين، الذي تمت دراسته بشكل مستفيض، كجزء من آليات الدفاع النباتي ضد الفطريات، والبكتيريا الممرضة.

A new cyanogenic metabolite in *Arabidopsis* required for inducible pathogen defence

J Rajniak *et al*

doi:10.1038/nature14907

أحياء جزيئية

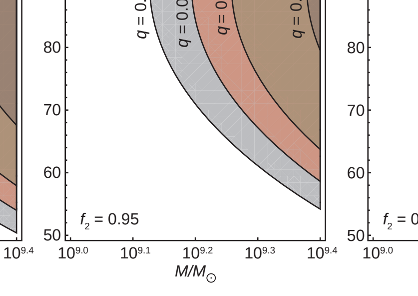
تحمل إفراط التعبير لدى عامل النسخ

كثيرًا ما يتضخم عامل النسخ MYC أو يفرط في التعبير عنه بحالات السرطان، مما تنتج عنه زيادة في إنتاج البروتين والحمض النووي الريبي. فقد حدَّد توماس ويستبروك وزملاؤه عامل التضفير BUD31 في تجربة أُجريت للكشف عن الخلايا المفرطة في التعبير عن العامل MYC، ووجدوا أن هناك حاجة إلى عوامل التضفير الأخرى للخلايا، لتتحمل درجة الإفراط في التعبير. يؤدي عامل النسخ MYC المكوِّن للورم إلى زيادة في تخليق الجزيئات السابقة للحمض النووي الريبي المرسال، كما يؤدي تثبيط تضفير السبليسوسوم إلى إعاقة النمو، وتكوين الأورام لخلايا سرطان الثدي، التي تعتمد على العامل MYC. وبالتالي، قد تكون مكونات التضفير السبليسوسوم أهدافًا علاجية محتملة لأنواع السرطان المدفوعة بواسطة MYC.

The spliceosome is a therapeutic vulnerability in MYC-driven cancer

T Hsu *et al*

doi:10.1038/nature14985





فلك

الانبعاثات النسبية من ثقب أسود ثنائي

تحتوي غالبية المجرّات الضخمة على ثقب أسود مركزي. ولذلك.. ففي كثير من الأحيان التي تندمج فيها المجرّات، يكون من المرجَّح انتشار ثنائيات الثقوب السوداء بالأنوية المجرِّية. وقد تم تفسير تواتر المنحنيات الضوئية الخاصة بالكوازارات كدليل على تلك الثنائيات، وأحدها هو -PG 1302 102، الذي تم وصفه كمنظومة ثنائية من ثقبين أسودين هائِلَي الكتلة مع فاصل فرسخي نجمي ثانوي، وسرعات مدارية نسبية محتملة. وقد أبلغ دانييل دي أورازيو وآخرون عن أن سعة الاهتزازة والشكل شبه الجيبي للتباين البصري الخاص بالمنحنى الضوئي لـPG 1302-102 يكون في أكثر حالاته تواؤمًا بتعزيز تأثير دوبلر النسبي الخاص بالانبعاثات من ثنائي مدمج متراكم باطِّراد غير متساوي الكتلة. يتسق هذا مع البيانات فوق البنفسجية الأرشيفية، ويشير إلى وجود ثقب أسود ثنائي بالنظام النسبي.

Relativistic boost as the cause of periodicity in a massive black-hole binary candidate

D D'Orazio *et al*

doi:10.1038/nature15262

الشكل أعلاه | العوامل الثنائية المنتجة لتباين الفيض البصري لـ PG 1302-102 بواسطة الدفع النسبي. توليفات الكتلة الثنائية الكلية M ونسبة الكتلة $q = M_2/M_1$ ودرجة الميل i التي تتسبب في ما يزيد على 13.5% من التنوع الفيضي (أو خط أفق سعة اهتزاز السرعة (v/c) sin (*i*) ≥ 0.07) بالانبعاثات من الثقوب السوداء الأساسية والثانوية، التي تم حسابها من عامل دوبلر $D^{3-\alpha}$ مع الميل الطيفي الفعال لـ $\alpha_{opt} = 1.1$ بالحزمة V. الخطوط المصمتة تعود إلى القيم المختلفة لـ q كما هي موسومة؛ تعود المناطق المظللة إلى القيم المتوسطة. ونحن نفترض أن الكسر $f_2 = 1.0$، 0.95 أو 0.8 من اللمعان الإجمالي ينشأ عن الثقب الأسود الثانوي. وتتسق تلك القيم مع الكسور الموجودة بالمحاكاة الهيدروديناميكية. تم تعريف زاوية الميل بحيث تعود $i = 0°$ إلى منظور واجهة PG 1302-102، و $i = 90°$ يعود إلى منظور الحافة.

كيمياء حيوية

بِنْيَة إنزيم ثلاثي فوسفات الجوانوزين

يتوسط إنزيم دينامين تشكيل وإعادة تشكيل أغشية مختلف العضيات. ومن أجل إنجاز هذه المهمة، فإنه يشكل تكوينات رباعية، تتجمع لاحقًا لتكوين مركّب قليل الوحدات؛ لتتناسب مع أحداث الانقباض وانفصال الأغشية. وتقدِّم دراسة جديدة البِنْيَة البلورية للإنزيم في حالة التكوينات الرباعية. وبالجمع بين هذه المعلومات، مع تحليل إضافي، حدَّدت سوزان إيسينبورج وزملاؤها الأسطح البينية بين مثنويات الدينامين، واقترحوا الآلية التي قد تؤدي بها عملية تشكيل المركبات قليلة الوحدات إلى إطلاق تفاعلات ذاتية التثبيط داخل الجزيء. وتفيد تحليلات الطفرات التي قدَّمها الباحثون في فهم اعتلال (شاركو-ماري-توث) العصبي لاضطرابات العضلات الخلقية، والاعتلال العضلي مركزيّ النوى.

Crystal structure of the dynamin tetramer

T Reubold *et al*

doi:10.1038/nature14880

تحليل لمركّبات البروتين الحيواني

لقد ساعدت الطرق فائقة الإنتاجية للتحديد المنهجي لتفاعلات البروتين-البروتين في توضيح مكونات المركبات متعددة البروتينات على نطاق البروتيوم. حدَّد إدوارد ماركوتي وزملاؤه مركّبات بروتينية من ثمانية أنواع حيوانية على التوازي، استنادًا إلى التجزئة البيوكيميائية للمركّبات الضخمة القابلة للذوبان، متبوعًا بترادف قياس الطيف الكتلي لتحديد المكونات. وتبيِّن البيانات، من الدودة المستديرة، والفأر، وقنفذ البحر، والبشر، والضفدع، وشقائق البحر، والعفن الغروى، والخميرة، أن العديد من المركبات محفوظة عبر الأنواع. وقد تمكَّن الباحثون من خلال الجَمْع بين تلك النتائج وتتابعات الجينوم من التنبؤ بأكثر من مليون من التفاعلات في 122 من حقيقيات النواة.

Panorama of ancient metazoan macromolecular complexes

C Wan *et al*

doi:10.1038/nature14877

علم أمراض الدم

استخدام (جليتازون) لعلاج سرطان الدم

يحدث سرطان الدم النقوي المزمن (CML) في كثير من الحالات نتيجةً لإزفاء BCR-ABL، الأمر الذي يؤدي إلى التنشيط التأسيسي لكينيز ABL. وقد أدت المعرفة بذلك إلى تحقيق نتائج إكلينيكية جيدة، من خلال استخدام مثبطات كينيز ABL، مثل عقار "إيماتنيب" imatinib، لكن ذلك لم يمنع مِن أنّ بعض المرضى طوروا مقاومة للعقار. وقد أُرجِع سببها إلى وجود مقاومة فطرية لديهم بالخلايا الجذعية الساكنة لسرطان الدم النقوي المزمن. ومؤخرًا، أثبت ستيفان بروست وزملاؤه أن "بيوجليتازون" ـ وهو من فئة عقار (جليتازون) المضاد لمرض السكري، الذي يعمل من خلال المستقبلات النووية PPARγ ـ يمكن أن يقلل من تجمُّع الخلايا الجذعية الكامنة بسرطان الدم. كما استطاع العقار، من خلال استخدامه مع عقار "إيماتنيب"، تحقيق تأثيرات دائمة في مرضى سرطان الدم.

Erosion of the chronic myeloid leukaemia stem cell pool by PPARγ agonists

S Prost *et al*

doi:10.1038/nature15248



غلاف عدد 24 سبتمبر 2015

طالع نصوص الأبحاث في عدد 24 سبتمبر من دَوْريّة "*Nature*" الدولية.

علم البصريات

السيطرة على العزم الزاوي المداري

يبيِّن هنا ديمتري بوشين وزملاؤه كيفية السيطرة على أطوار العزم الزاوي المداري بنبضة نيوترونية عبر استخدام ألواح الطور الحلزوني العِيانيّة. وبتطبيق "تحريف" على نبضة النيوترون المدخَلة، يمكن قياس العزم الزاوي المداري الكَمِّي للنيوترونات. ويُعَدّ العزم الزاوي المداري درجة كمية من الحرية، تقدِّم حماية من الضجيج. يمكن استغلال العزم الزاوي المداري الفوتوني في اختبارات أساسية بميكانيكا الكَمّ والتصوير. وفي الإلكترونات، يُعَدّ هذا مفيدًا لتحديد انعدام التناظر المرآتي بالبلورات. ولم تتم البرهنة على تلك الظاهرة في السابق في حالة النيوترونات.

Controlling neutron orbital angular momentum

C Clark *et al*

doi:10.1038/nature15265

الأحياء الجزيئية

تعريف تعدُّد القدرات

الخلايا الجذعية متعددة القدرات لديها القدرة على إنتاج جميع أنواع الخلايا للكائن الحي. وقد تبيَّن مؤخرًا أن الخلايا الجذعية متعددة القدرات موجودة في حالات مختلفة، أثناء التطور، أو عند الحصول عليها عن طريق أساليب برمجة متميزة. تسلِّط هذه التقارير الضوء على الحاجة إلى مجموعة محددة من المعايير؛ لتقييم فاعلية الخلايا الجذعية. ويقترح هذا المقال المبادئ التوجيهية لتقييم الخلايا الجذعية متعددة القدرات، المشتقة حديثًا، من الاختبارات الوظيفية للتحليلات الجزيئية التكاملية للحالات الأيضية، وفوق الجينية، والنسخية.

Hallmarks of pluripotency

A Angeles *et al*

doi:10.1038/nature15515

طب

شبيه بالفوليستاتين 1 يعزِّز تجديد القلب

إنّ أنسجة القلب البشري لديها قدرة محدودة على التجدد، لكن أشارت الدراسات الأخيرة أن النّخاب epicardium قد يحافظ ـ إلى حد ما ـ على وظيفة عضل القلب البالغ بعد الإصابة، ربما من خلال توفير الأسلاف المكوِّنة للعضل. تحدِّد هذه الدراسة عاملًا مفرزًا شبيهًا بالفوليستاتين 1 (FSTL1) كعامل تجديدي يوجد عادة في عضل القلب، ولكنه يفقد بعد احتشاء عضلة القلب، مما يشير إلى آليّة يمكن من خلالها أن تقلل الإصابة من قوة قلب الثدييات. تحسِّن إعادة تشكيل عامل FSTL1 ـ بمادة بيولوجية عضلية قلبية مهندَسة ـ من وظيفة القلب في النماذج الحيوانية، مع وجود أدلة على تطبيق تلك النتائج على النطاق الإكلينيكي.

Epicardial FSTL1 reconstitution regenerates the adult mammalian heart

K Wei *et al*

doi:10.1038/nature15372

كيمياء حيوية

بِنْيَة ألفا سينوكلين السامّة

يعتمد البروتين الصغير ألفا سينوكلين (α-syn) على قطعة قصيرة تُسمى NACore (بقايا 68–78)؛ لتشكيل تجمُّعات أميلويد المسؤولة عن السُّمِّيَّة الخلوية في مرض باركنسون، ولكن المعلومات البنيوية حول هذا الموضوع كانت مفتقَدة. وباستخدام طريقة الحدود لحيود الإلكترونات الميكروية (MicroED)، حدَّد ديفيد أيزنبرج وزملاؤه بِنْيَة بلورا NACore النانوية والصغيرة جدًّا، مما يتعذر رؤيتها بالمجهر الضوئي. لاحظ الباحثون بِنْيَة مماثلة للألياف السامة التي شكَّلها بروتين ألفا سينوكلين. والاستبانة 1.4 أنجستروم لهذه البِنْيَة هي الاستبانة الأعلى التي يمكن الحصول عليها باستخدام طريقة مجهر إلكترون تبريد العيِّنة حتى الآن، ويُظْهِر العمل ـ لأول مرة ـ أن طريقة الحدود يمكن استخدامها لحلّ بِنَى البروتين التي لم تكن معروفة سابقًا.

Structure of the toxic core of α-synuclein from invisible crystals

J Rodriguez *et al*

doi:10.1038/nature15368

علم المناخ

استجابات الأنواع المختلفة لتغيُّر المناخ

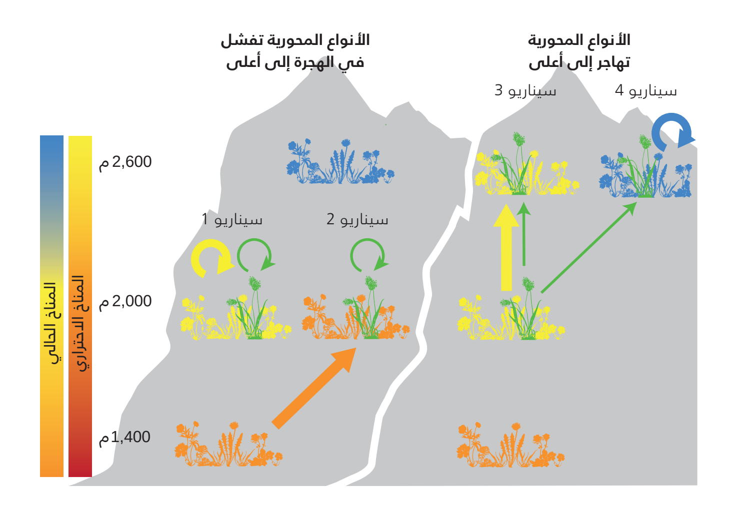
إن تأثير التغير المناخي على المجتمعات البيئية والتفاعلات بين الأنواع الحية تأثير مهم، لكن لم تتناوله الدراسات بشكل مفصل. ولدراسة ذلك التأثير تجريبيًّا، قام جيك ألكسندر وزملاؤه بزراعة أنواع نباتية ومجتمعات محلية على تدرُّج ارتفاعي بجبال الألب السويسرية. وتمّت ملاحظة انعدام تناسق مثير للاهتمام بتلك الأنواع، التي تحسّن وضعها، في محاولة التأقلم مع المناخ، حتى لو كانت تواجه مجتمعًا جديدًا من الأنواع المنافِسة، ولكن تدهورت حالتها عندما فشلت في الهجرة، إذا ما تحرَّك مجتمع جديد للانضمام إليها.

Novel competitors shape species' responses to climate change

J Alexander *et al*

doi:10.1038/nature14952

الشكل أسفله | سيناريوهات للمنافسة التي يمارسها نبات يستوطن المرتفعات وفق تغيرات الاحترار المناخي. إذا فشلت الأنواع النباتية المحورية (الخضراء) في الهجرة، فإما أن تتنافس مع مجتمعها الحالي (الأصفر) والذي يفشل في الهجرة (السيناريو 1) أو تتنافس مع مجتمع جديد (البرتقالي)، والذي قام بالهجرة لأعلى من ارتفاع أقل (السيناريو 2). إذا قامت الأنواع المحورية بالهجرة لأعلى نتيجة تغيرات المناخ، تتنافس إما مع مجتمعها الحالي والذي قام بالهجرة أيضا (سيناريو 3)، أو تتنافس مع مجتمع جديد (الأزرق) والذي استمر على بقائه (سيناريو 4).



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بيولوجيا الخلية

التنظيم بعد النَّسْخِي لمصير الخلية

توجِّه التغيرات في بِنْيَة الكروماتين وبرامج النسخ تمايز الخلايا خلال التطور، ولكن لا يُعرف الكثير عن التنظيم ما بعد النسخي لتحديد مصير الخلية. وقد بيَّن مايكل ريب وزملاؤه أن اليوبيكويتين ليجيز ـ الخاص بالفقاريات ـ ينظِّم مواصفات العرف العصبي في جنين *Xenopus* النامي، وتمايز الخلايا الجذعية الجنينية للفأر. وباستخدام نهج البروتيوميات، وجد الباحثون أن ليجيز $CUL3^{KBTBD8}$ ينظم الترجمة باستهداف مضمِّنَي إنتاج الريبوسوم (NOLC1, TCOF1). وتم تطفُّر موضع TCOF1 في العرف العصبي المرتبط بحالة معروفة باسم متلازمة "تريتشر كولينز".

Cell-fate determination by ubiquitin-dependent regulation of translation

A Werner *et al*

doi:10.1038/nature14978

لَقْطَة مقربة لمركَّب ما قبل التشغيل 43S

عامل البدء الثالث بحقيقيات النواة (eIF3) هو عامل إضافي يتكون من ثلاث عشرة وحدة فرعية داخل مركّب 43S الريبوزومي، المنخرط في تقييد جزيئات الحمض النووي الريبي المرسال mRNAs، والمسح للعثور على كودون البدء. حدَّد ياسر هاشم وزملاؤه بِنْيَة عامل البدء الثالث بحقيقيات النواة (eIF3) باستخدام مجهر إلكترون تبريد العيِّنة داخل هذا المركب الأكبر. إنّ هذه الاستبانة المحسَّنة بالمقارنة بتحديد البِنَى السابقة تجعل من الممكن تصوُّر البِنَى الثانوية من الوحدات الفرعية، فضلًا عن الاتصالات بين eIF3 وeIF2، وDXH29.

Structure of mammalian eIF3 in the context of the 43S preinitiation complex

A Georges *et al*

doi:10.1038/nature14891

بِنَى قناة أيون الفلوريد

ينتشر أيون الفلوريد (F^-) على نطاق واسع في محيط الخلية الحيوي، لكن تراكمه في الخلية يكون سامًّا، بسبب قدرته على تثبيط إنزيمات نقل الفسفوريل. وتمتلك بعض الكائنات وحيدة الخلية بروتينات نقل الفلوريد بالغشاء، مثل السعاة السيتوبلازميين CLCF F^-/H^+، وأفراد عائلة Fluc التي تُبْقِي تركيزات الفلوريد السيتوبلازمي دون المستويات السامة للخلايا. وقَدَّم سيمون نيوستيد وزملاؤه أول بِنْيَة بلورية بالأشعة السينية لقناة انتقائية لأيون الفلوريد، متماثلات Fluc البكتيرية، في وجود وعدم وجود الفلوريد. وتكشِف البِنَى عن قناة ذات فوهتين، مع اثنين من مسارات أيون الفلوريد التي تغطي الغشاء. يرى الباحثون أن انتقائية القناة المرتفعة لأنيون الفلوريد الصغير تكون نتيجة أن البروتين يحتوي على مسام ضيقة جدًّا، ويستخدم طريقة تنسيق غير عادية للأنيون، تتضمن أربعة مركّبات فينيل ألانين محفوظة.

Crystal structures of a double-barrelled fluoride ion channel

R Stockbridge *et al*

doi:10.1038/nature14981

فلك

نموذج لتشكيل مجرّة لامعة تحت ملّيمترية

أُشِيرَ إلى أن أصل المجرّات الساطعة مرتفعة الحيود الأحمر تحت الملّيمتري يكمن في دامِجات المجرّات الغنية بالغاز، وهو ما يعود جزئيًّا إلى اللمعان تحت الأحمر الحَدِّي الخاص بها، ولكن المحاكاة الكونية لمثل تلك المجرّات أثبت أنها عسيرة. يصف ديسيكا نارايان وزملاؤه عن نموذج تكوُّن مجرّة كونية هيدروديناميّة، يمكنه تكوين مجرّة تحت ملِّيمترية، تحقِّق في الوقت نفسه النطاق الواسع للقيود الفيزيائية المرصودة في محاكاة ذات فترة حياة تبلغ حوالي مليار عام. تتم تغذية شدة معدلات التشكُّل النجمي جزئيًّا بواسطة خزان غاز، يتم تمكينه بواسطة التغذية النجمية عند أوقات مبكرة، وليس عبر الدامِجات الرئيسة.

The formation of submillimetre-bright galaxies from gas infall over a billion years

D Narayanan *et al*

doi:10.1038/nature15383

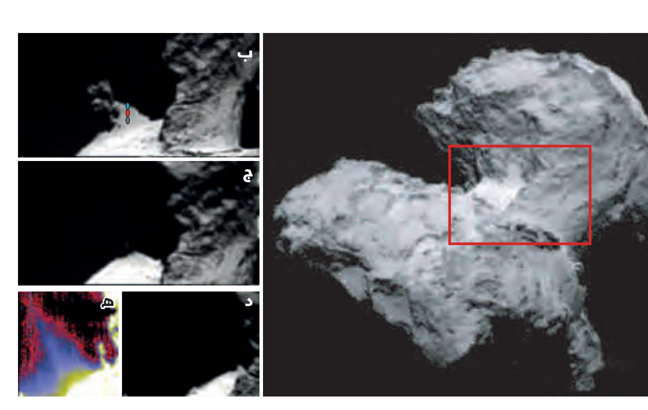
دورة مُذَنَّبِيّة هيدرولوجية

أبلغت ماريا كريستينا دي سانتيس وزملاؤها عن ترصُّد من مطياف التصوير "فيرتيس" VIRTIS على متن مهمة "روزيتا"، بَيَّنَ جليدًا مائيًّا نهاريًّا على سطح المذنَّب 67P/ شيريموف-جيراسيمنكو. يَظهر جليد المياه السطحي ويختفي بنمط دوري، يتبع ظروف إضاءة محلية، مما يوفر مصدرًا للنشاط المركزي. يشير الباحثون إلى أن التسامي-التكثيف الدورين للجليد يَنْجُمان عن ظروف إضاءة مختلفة تغطي عملية عامة، بناءً على أنوية المذنَّبات.

The diurnal cycle of water ice on comet 67P/ Churyumov–Gerasimenko

M Sanctis *et al*

doi:10.1038/nature14869



الشكل أسفله | صور المنطقة الغنية بالجليد. أ، صورة سياق كاميرا ملاحة روزيتا البصرية (OPNAV) للمنطقة تحت الدراسة (المربع الأحمر)؛ **ب-هـ**، صورة مطياف التصوير تحت الأحمر المرئي والحراري عند 0.7 ميكرومتر للمنطقة بالمربع الأحمر من (**أ**). تم الحصول على البيانات بـ (**ب**) و (**ج**) و (**د**) في 12 و 13 و 14 سبتمبر 2014، على التوالي. بيانات مطياف التصوير تحت الأحمر المرئي والحراري بـ (**ب**) و (**ج**) تفصل بينهما 12 ساعة، تبعًا لدورة مذنّب واحدة، بينما يفصل بين البيانات بـ (**ج**) و (**د**) 37.3 ساعة، تبعًا لثلاث دورات مذنّبية. تشير النقاط الملونة بـ (**ب**) إلى المناطق التي تم التقاط الأطياف منها بالصورة (2). اللوح (**هـ**) مشابه لـ (**د**)، ولكنه متمدد لرؤية النفثة (الأسهم البيضاء).

كيمياء

مسارٌ أيسر للقلويات

إن المنتجات الطبيعية المحتوية على النيتروجين، المعروفة باسم القلويات ـ التي تشمل المورفين، والكوينين، والكودين، والكوكايين، والنيكوتين، وغيرها الكثير ـ لها أهمية مركزية بعلم الأحياء، والطب البشري. فالجهود الرامية إلى توليف وتحسين تلك الجزيئات تعوقها التفاعلات غير المنحلّة للنيتروجين، وهي المشكلة التي غالبًا ما تَرِد عن طريق استخدام مجموعة حماية لإخفاء تفاعل النيتروجين. تقدِّم تلك التقنية خطوات إضافية مثالية، وعقبات في طريق المسار التوليفي. ويصف سيث هيرزون وزملاؤه طريقة توليف فعالة لمركّب الألكالويد (+)-بيتزيلادين ب باستخدام استراتيجية بديلة، حيث يتم استبدال الحلقات غير المتجانسة المحتوية للنيتروجين المشبعة بالدورات غير المتجانسة الأروماتية المحتوية على النيتروجين كسلائف توليفية. يوظِّف المسار العديد من التحولات الرئيسة، التي من شأنها أن تكون عسيرة، أو مستحيلة التنفيذ، باستخدام دورات النيتروجين المشبعة غير المتجانسة.

A concise synthesis of (+)-batzelladine B from simple pyrrole-based starting materials

B Parr *et al*

doi:10.1038/nature14902

علم الأورام

ظهور مقاومة لمثبطات BET

يَجري حاليًّا استكشاف مثبطات BET، التي تستهدف قراء كروماتين البرومودومين، مثل BRD4، كعلاجات محتملة لمرض السرطان. وقد حددت ورقتان علميتان نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* الآليّات التي يمكن أن تكون منخرطة في مقاومة BET في نماذج من سرطان الدم. وفي نموذج MLL-AF9، وجد مارك داوسون وزملاؤه أن المقاومة تنشأ من خلايا سرطان الدم، وهي في جزء منه نتيجة لتزايد إشارات Wnt. ووجد يوهانس زوبير وزملاؤه أن قَمْع مركّب PRC2 يجعل خلايا سرطان الدم النقوي الحاد مقاومة لتثبيط BET، عن طريق إعادة توصيلات التنظيم النسخي

للجينات المستهدفة لـBRD4، مثل MYC. ووُجد أن إشارات Wnt متورطة كمحرك أساسي للمقاومة.

BET inhibitor resistance emerges from leukaemia stem cells
C Fong *et al*
doi:10.1038/nature14888

Transcriptional plasticity promotes primary and acquired resistance to BET inhibition
P Rathert *et al*
doi:10.1038/nature14898

علم النبات

التنبؤ بفساد محصول زيت النخيل

يمكن أن تتطور تشوُّهات الزهور والفواكه، المعروفة باسم "المغطاة" في بعض الأصناف الزراعية من نخيل الزيت، المستمدة من زراعة الأنسجة، ويمكن أن تصبح أشجار النخيل "المغطاة" الناتجة عن ذلك غير منتجة. وتُعتبر التغطية على نطاق واسع صفة فوق جينية، ولكن لم تفسَّر بشكل كامل. أجرى روبرت مارتينسن وزملاؤه تحليل مثيلة الحمض النووي، غير المتحيز، على نطاق الجينوم؛ للبحث عن المواضع المرتبطة بشكل فوق وراثي بالنمط الظاهري المغطى. ووجدوا أن نقص المثيلة لواحد من عائلة *Karma* يُعتبر من العوامل الوراثية القافزة الارتجاعية، المضمَّن في إنترون الجين المتماثل المشترك بين جميع النسخ المغطاة، ويرتبط بالتضفير المنحرف، وإنهاء نسخ الجين. وفقدان المثيلة - ويُطلق عليه اسم أليل "كارما السيئة" الفوقي - يتنبأ بخسارة محصول زيت النخيل. وهذه الخاصية يجب أن تمكِّن الكشف عن النُّسَخ عالية الأداء في مرحلة النبات الصغير.

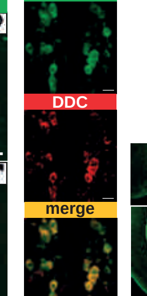
Loss of *Karma* transposon methylation underlies the mantled somaclonal variant of oil palm
M Ong-Abdullah *et al*
doi:10.1038/nature15365

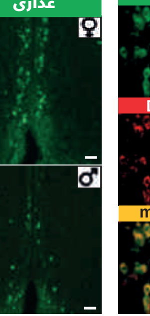
علم الأرض

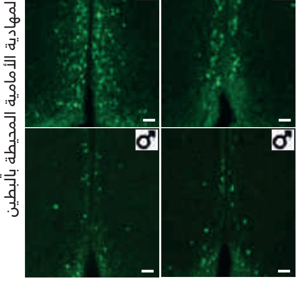
المسار الساخن القارِّيّ الأطول للأرض

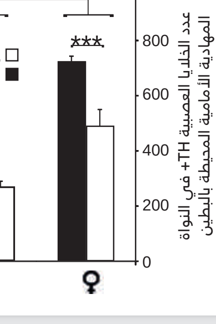
تعرَّف رودري ديفيس وزملاؤه على مسار ساخن، يبلغ طوله ما يقرب من 2,000 كم عبر شرق أستراليا، ويَعرِض سجلًا لنشاط بركاني بين حوالي 33 مليون عام، و9 ملايين عام مضت، وهو ما أسموه مسار كوسجروف. تشير البيانات الجيولوجية مع إعادات بناء الحركة اللوحية والسيزمية أن تباينات الأسماك الليثوسفيرية تبذل تحكُّمًا من الدرجة الأولى على وقوع تكوين البراكين والصهارة على طول المسار. يقوم الباحثون بحساب الموقع الحالي المتنبأ به للانبعاث العمودي الوشاح صخري، الذي أنشأ هذا المسار، والذي يتزامن مع نشاط سِيزميّ مؤخرًا.

Lithospheric controls on magma composition along Earth's longest continental hotspot track
D Davies *et al*
doi:10.1038/nature14903









علم الأعصاب

الدوائر العصبية لسلوك رعاية الوالدين

تحتوي منطقة ما تحت المِهاد على دوائر عصبية متعددة ثنائية الشكل الجنسي، ويُعتقد أنها منخرطة في الاختلافات في السلوك بين الجنسين، مثل العدوان، والسلوك الجنسي، ورعاية الوالدين. وقد استكشفت تالي كيمتشي وزملاؤها إمكانية أن تعمل بعض العشائر الصغيرة من الخلايا العصبية المفرزة للدوبامين ثنائية الشكل الجنسي فيما تحت المهاد للفئران البالغة، لتعديل السلوكيات النموذجية-الجنسية الموجَّهة للجِرَاء في الذكور والإناث. ووجد الباحثون أن خلايا عصبية محددة معبِّرة عن تيروزين الهيدروكسيليز في منطقة ما تحت المهاد في الفأر تكون أكثر عددًا في الأمهات، مقارنةً بالإناث العذارى والذكور، وأنها تتحكم في سلوك الوالدين بطريقة خاصة بالجنس. تتحكم الخلايا العصبية نفسها في إنتاج "الهرمون الاجتماعي"، الأوكسيتوسين، عن طريق خلايا تحت مهادية أخرى.

A sexually dimorphic hypothalamic circuit controls maternal care and oxytocin secretion
N Scott *et al*
doi:10.1038/nature15378

الشكل أعلاه | التعبير عن تيروزين الهيدروكسيليز TH في النواة المهادية الأمامية المحيطة بالبطين AVPV هو ثنائي الشكل الجنسي، ويعزز في الإناث بعد الولادة. أ، رسم تخطيطي للنواة المهادية الأمامية المحيطة بالبطين AVPV للفأر (أعلى) وصور المجهر متحد البؤر من قطاع الدماغ الإكليلية المصبوغ مناعيًّا لإظهار تيروزين الهيدروكسيليز TH (أسفل). ملحق يظهر الصورة الأعلى تكبيرًا لمنطقة النواة المهادية الأمامية المحيطة بالبطين AVPV. مقياس البار، 1 مم. **ب،** النواة المهادية الأمامية المحيطة بالبطين AVPV في شريحة إكليلية من أنثى الفأر المصبوغة مناعيًّا؛ لإظهار تيروزين الهيدروكسيليز TH (الأخضر) ودوبا ديكاربوكسيليز DDC (الأحمر). مقياس البار، 20 مم. الخلايا العصبية النشطة مناعيًّا-تيروزين الهيدروكسيليز تعبِّر عن دوبا ديكاربوكسيليز DDC. **ج،** الصباغة المناعية لتيروزين الهيدروكسيليز في النواة المهادية الأمامية المحيطة بالبطين AVPV للإناث العذارى، والذكور، والآباء. مقياس البار، 50 مم. **د،** مجموع أعداد الخلايا العصبية TH^{+} في الأنوية المهادية الأمامية المحيطة بالبطين AVPVs للإناث العذارى، والذكور كذلك، وللإناث بعد الولادة، وللذكور حديثي الإنجاب. تمثل البيانات المتوسطات ± الخطأ المعياري للمتوسط (s.e.m.) العدد n = 5 لكل مجموعة؛ ***P < 0.001؛ تحليل التباين الثنائي أنوفا ANOVA ثنائي الاتجاه مع مقارنات فيشر المتعددة.

علم المناعة

مجهريات البقعة تنظِّم العَدِلَات

العَدِلَات (نوع من الكريات البيضاء الأكثر وفرة في الدم) هي خلايا قصيرة الأجل، لها دور مهم في المناعة الفطرية. ومع ذلك.. يمكن أن تعزِّز العدلات المنشطة أيضًا بعض الأمراض، عن طريق إفراز السيتوكينات المسبِّبة للالتهابات. وفي مزارع الخلايا، خفّضت العدلات المُسِنّة من هجرة الخلايا ووظيفتها. وقد بيَّن بول فرينيت وزملاؤه أن العدلات التي أصبحت مُسِنّة زمنيًّا في الدورة الدموية نشطة بشكل مفرط في تعزيز الالتهاب، وتسهم في انسداد الأوعية في مرض فقر الدم المنجلي في نموذج الفأر. وقد أظهر الباحثون أن شيخوخة العدلات تنظمها مجهريات البقعة من خلال مستقبِلات TLRs، وعامل النسخ Myd88. ويقلل استنفاد مجهريات البقعة بشكل كبير عدد العدلات المُسِنّة ظاهريًّا، وأنشطتها المسبِّبة للالتهابات.

Neutrophil ageing is regulated by the microbiome
D Zhang *et al*
doi:10.1038/nature15367



غلاف عدد 1 أكتوبر 2015
طالع نصوص الأبحاث في عدد 1 أكتوبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم المناخ

تأثيرات الاحترار على اخضرار الشجر

تتفتح أوراق الربيع في وقت مبكر من العام، بسبب ارتفاع درجات الحرارة. وأظهرت أدلة تجريبية أن التأثير يصبح أقل وضوحًا، لأن الأشجار لا تتلقى البرودة المطلوبة لتفتُّح الأوراق. ويقدِّم شيلونج بياو وزملاؤه أدلة تستند إلى الملاحظات الميدانية طويلة المدى من سبعة أنواع من الأشجار الأوروبية، تمت دراستها في 1,245 موقعًا في جميع أنحاء أوروبا، تؤكد أن إضعاف حساسية درجة الحرارة لتفتُّح الأوراق يحدث بالفعل. ويوفر الباحثون أدلة مستنِدة إلى النموذج، تبيِّن أن تأثير البرودة مسؤول جزئيًّا على الأقل.

Declining global warming effects on the phenology of spring leaf unfolding
Y Fu *et al*
doi:10.1038/nature15402

كيمياء حيوية

نموذج اصطناعي لنشاط النيتروجينيز

يمكن أن تحوِّل إنزيمات النيتروجينيز الموجودة في بعض الكائنات الحية الدقيقة النيتروجين الجوي إلى أمونيا في درجة حرارة الغرفة، في تناقض حاد مع ارتفاع درجات الحرارة، والضغوط المطلوبة لعمليات تثبيت النيتروجين، المستخدَمة في الصناعة لإنتاج الأسمدة النيتروجينية. تختزل بعض إنزيمات النيتروجينيز نيتروجين الغلاف الجوي في وجود العامل المساعد "فيمو" FeMo، وهو مجموعة من الحديد-الموليبدينوم غنية بالكبريت، على الرغم من أن الآلية الجزيئية الدقيقة المنخرطة لا تزال غير واضحة. يصف باتريك هولاند وزملاؤه نموذجًا محتملًا لوظيفة العامل المساعد "فيمو". كما وصفوا مركبًا اصطناعيًّا ($Fe-N_2$) مع كرة تنسيق غنية بالكبريت، تكسر ـ عند اختزالها ـ رابطة حديد-كبريت (Fe-S)، وتقيِّد النيتروجين (N_2). والناتج هو أول مركب $Fe-N_2$ اصطناعي يكون للحديد فيه روابط لذرات الكربون والكبريت، وهي سمة رئيسة من سمات التنسيق في العامل المساعد "فيمو".

Binding of dinitrogen to an iron–sulfur–carbon site
I Čorić *et al*
doi:10.1038/nature15246

تطور

بقايا أحفورية تبيِّن أصل مينا الأسنان

تُعتبر "المينا" نسيجًا فريدًا من نوعه بالنسبة إلى الفقاريات، وهي ترتبط في الوقت الحاضر بالأسنان. ورغم ذلك.. فإن كثيرًا من الحفريات البدائية للسَّمَك تمتلك نسيجًا شبيهًا بالمينا (يُعرف بالجانوين ganoine) على الحراشف الخاصة بها. ويطرح هذا تساؤلًا تطوريًّا أوسع نطاقًا: هل نشأت المينا بالأسنان، وانتشرت إلى الحراشف، أم العكس. نظر بير إيريك آلبرج وزملاؤه إلى مادة من حفرية سمكية *Psarolepis*، وبقايا سَمَك مصفَّح، وسَمَك الرمح، وقدّموا أدلة نسيجية وجينية؛ للبرهنة على أن الجانوين مكافئ للمينا، وأن المينا ـ على الأرجح ـ نشأت على الجلد، قبل أن تهاجر إلى الأسنان.

New genomic and fossil data illuminate the origin of enamel
Q Qu *et al*
doi:10.1038/nature15259

علم الأدوية

مِنَصّة تسليم نانوي جديدة

تمتلك الصفائح الدموية (الخلايا القرصية الصغيرة التي تنفِّذ مجموعة واسعة من المهام المتعلقة بإرقاء الدم) خصائص مميزة؛ تؤهلها لتصبح المرشح الرئيس لتصميم أنظمة توصيل الدواء. أورد الباحثون مِنَصّة تسليم جديدة ذات مسام نانوية، تُرفق بها الجسيمات النانوية البوليمرية في الغشاء البلازمي للصفائح الدموية البشرية. وبيّنوا أن استخدام هذه الجسيمات النانوية المغطاة بالصفائح الدموية يكون لتسليم المضادات الحيوية في نماذج الفئران لأمراض القلب والأوعية الدموية، والعدوى البكتيرية الجهازية.

Nanoparticle biointerfacing by platelet membrane cloaking
C Hu *et al*
doi:10.1038/nature15373

كيمياء

كيفية تعزيز الخواص البنيوية للمغنسيوم

يُعتبر المغنسيوم أكثر خفة من الألومنيوم، ولذلك فهو مثير للاهتمام كمعدن بنيوي لتطبيقات السيارات والطائرات. ورغم ذلك.. فإن له حدودًا، وبشكل خاص تَصَلُّده المرتفع، وقابليته المنخفضة للسحب، وميله إلى الانكسار عند إجهادات منخفضة للغاية. يقدم زاوكسوان ووه، وويليام كورتين محاكاة الديناميات الجزيئية التي تكشف أصول تلك المعضلات، وتقدِّم طريقة لتصميم سبائك مغنسيوم ذات خواص ميكانيكية مُحسَّنة.

The origins of high hardening and low ductility in magnesium
Z Wu *et al*
doi:10.1038/nature15364

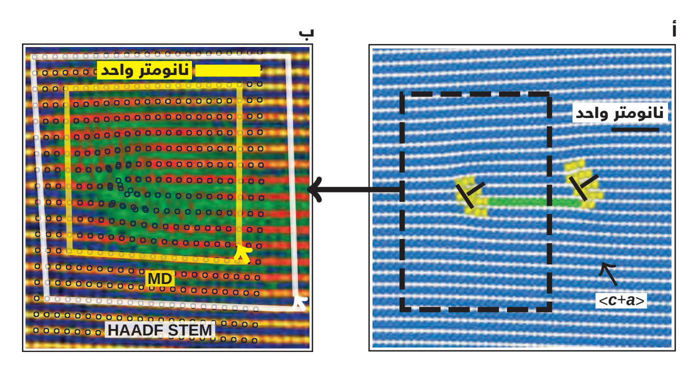
الشكل أسفله | مقارنة بين بنية لب الانخلاع (c + a) بالديناميات الجزيئية MD والتجارب. أ، بنية التسلق المتفككة الانخلاعي لـ (c + a) على السطح الحوضي، من محاكاة الديناميات الجزيئية التي تم إخمادها عند 0 كلفن. **ب،** تراكب الهيكل الذري للب واحد من (1/2c+ p) (حيث p هو متجه برجرز لانخلاع شوكلي (a الجزئي) كما تم حسابه بواسطة الديناميات الجزيئية (الدوائر المفتوحة) وصور HAADF-STEM لنفس اللب، حيث تشير النقاط المضيئة إلى الأعمدة واضحة المعالم للذرات عبر سُمك عينة التجريب؛ يتم عرض حلقة برجرز التي تشير إلى متجهات برجرز (1/2c+ p) للصورتين. تركيب النوع (c + a) الخاص بالحلقات الانخلاعية بالمغنسيوم. جي جينج وزملاؤه. رسائل الدورية الفلسفية، 3 يونيو 2014، تمت إعادة الطباعة بإذن من الناشر (تايلور وفرانسيس المحدودة، (http://www.tandfonline.com

فيزياء

عَرْض تقنية ترانزستور جديدة

تقترب تكنولوجيا الترانزستور التقليدية من حدودها الأساسية، ويُنظر إلى المواد شبه الموصلة ثنائية الأبعاد ـ كثاني كبريتيد الموليبدينوم (MoS_2) ـ كبدائل ممكنة للسيليكون بالجيل التالي للإلكترونيات مرتفعة الكثافة ذات الرقائق منخفضة الطاقة. ومن احتمالاتها الواعدة.. إمكاناتها الموجودة في ترانزستور نفق الحزمة-الحزمة، الذي يعمل بطريقة مختلفة بشكل أساسي عن ترانزستور السيليكون التقليدي (MOSFET). وحتى الآن، هناك قِلّة من تلك الأجهزة ذات الخواص الإجمالية الأفضل من ترانزستور السيليكون هي التي تمت البرهنة عليها. وقد قام كوستاف بانيرجي وزملاؤه ببناء ترانزستور نَفَقِي بعمل هيكل عمودي مع ثاني كبريتيد الموليبدينوم بسُمْك الذَّرَّة كقناة فعالة، والجيرمانيوم كقطب رئيس، حيث إن لها خصائص مميزة، وتشغيلًا منخفض الطاقة، وهو ما يُعَدّ أفضل من تلك الخاصة بترانزستور السيليكون المستثار، ومثيرًا للاهتمام بنطاق من تطبيقات الإلكترونيات، تشمل الدوائر المتكاملة منخفضة الطاقة، بالإضافة إلى المستشعرات الحيوية/الغازية فائقة الحساسية.

A subthermionic tunnel field-effect transistor with an atomically thin channel
D Sarkar *et al*
doi:10.1038/nature15387



وراثة

تخطيط التباين البنيوي السكاني

أوردت مجموعة تحليل التباين البنيوي لمشروع "الألْف جينوم" خريطة متكاملة، تستند إلى اكتشاف وتنميط جيني لثماني فئات رئيسة للتباينات البنيوية في 2,504 أفراد من غير الأقارب عبر 26 مجموعة سكانية. ميّز الباحثون التباين البنيوي داخل وبين المجموعات السكانية، وقاموا بقياس أثره الوظيفي. وأنشأ الباحثون أيضًا لوحة مرجعية مرحلية، سوف تكون ذات قيمة للوراثة السكانية، والدراسات المرتبطة بالأمراض.

An integrated map of structural variation in 2,504 human genomes

P Sudmant *et al*

doi:10.1038/nature15394

التباين الجينومي في الصحة والمرض

تصف هذه الورقة البحثية ـ التي تجمع بين البيانات والاستنتاجات الأولية من الأذرع المختلفة لمشروع UK10K ـ تبصُّرًا من فك التتابعات منخفضة-القراءة-العمق لكامل الجينومات أو الإكسومات عالية-القراءة-العمق لما يقرب من 10 آلاف فرد، تم الحصول على عيِّناتهم من نطاق مجموعات الأمراض والمشاركين من المجموعات المستندة إلى عشائر من الأصحاء. وصَف الباحثون متغايرات تتابع جديدة، وتوليد لوحة مرجعية إسنادية عالية الدقة، وحددوا أليلات جديدة مقترنة بالصفات المتعلقة بالشحم. إضافة إلى وصف بِنْية العشائر، وتوفير الشرح الفني للمتغايرات النادرة، والمتغيرات ذات التردد المنخفض، استخدم الباحثون البيانات؛ لتقدير فوائد فك التتابعات الوراثية لدراسات الارتباط.

The UK10K project identifies rare variants in health and disease

K Walter *et al*

doi:10.1038/nature14962

وراثة

التباين الجيني البشري في أكثر من 2500 فرد

سَعَى مشروع "الألْف جينوم" لفهرسة التباينات الجينية البشرية بشكل شامل عبر التجمعات السكانية؛ لتوفير مورد جينومي عام ذي قيمة. وجدت البيانات ـ التي تم الحصول عليها حتى الآن ـ تطبيقات تتراوح ما بين دراسات ارتباط، ودراسات رسم خرائط دقيقة، إلى تصفية المتغايرات المحايدة في مجموعات الأمراض النادرة. أورد الباحثون المرحلة النهائية من المشروع مؤخرًا (المرحلة الثالثة) التي تغطي مجالات لم يسبق توصيفها من التنوع الوراثي البشري من حيث التجمعات السكانية التي تم أخْذ عيِّنات منها، وفئات التباين التي تم توصيفها. وتشمل العينة حاليًّا أكثر من 2500 فرد من 26 تجمُّعًا سكانيًّا، مع كامل الجينوم ذي التغطية المنخفضة، وتتابعات الإكسوم العميقة، فضلًا عن التنميط الجيني المصفوفي المجهري الكثيف. كما وجد الباحثون أنه بينما يتم تَقاسُم معظم المتغايرات الأكثر شيوعًا عبر التجمعات السكانية، فغالبًا ما تقتصر المتغايرات النادرة على التجمعات السكانية وثيقة الصلة. وعرضوا أيضًا استخدام مجموعة بيانات المرحلة الثالثة، كَلَوْحَة مرجعية؛ لتحسين الدقة في دراسات الارتباط الوراثي بين الأمراض، أو الصفات من ناحية الجينوم.

A global reference for human genetic variation

A Auton *et al*

doi:10.1038/nature15393

الشكل أعلاه | أخذ عينات التجمعات السكانية. المتغايرات متعددة الأشكال داخل عينات التجمعات السكانية. مساحة كل دائرة تتناسب مع الأعداد متعددة الأشكال داخل التجمع السكاني. وتنقسم الأشكال الدائرية إلى أربعة أجزاء، تمثل المتغايرات الخاصة بالتجمع السكاني (اللون الأكثر قتامة فريد من نوعه للتجمع السكاني)، وخاص بالمنطقة القارية (اللون الأفتح مشترك عبر المجموعة القارية)، ومشترك عبر المناطق القارية (الرمادي الفاتح)، ومشترك في جميع القارات (الرمادي الداكن). تشير الخطوط المتقطعة إلى التجمعات السكانية التي تم أخذ عينات منها خارج منطقتها القارية للأسلاف.

الجينات المرتبطة بكسور العظام

إنّ الكثافة المعدنية في العظام تُوَرَّث للأجيال، وتُعَدّ مؤشرًا رئيسًا للكسور الناجمة عن هشاشة العظام. وباستخدام فك التتابعات لكامل الجينوم من اتحاد UK10K، وفك تتابعات كامل الإكسوم، والإسناد العميق للعينات المنمَّطة جينيًّا، من خلال لوحة مرجعية جينومية مجمَّعة من مشروعات UK10K/1000، تحدِّد هذه الدراسة التعاونية متغايرات جينية جديدة غير مرمّزة، مع تأثيرات كبيرة على كثافة العظام في أفراد من أصول أوروبية. وتشمل أبرز النتائج المتغايرات غير المرمزة منخفضة التردد بالقرب من موضع *EN1*، كما تؤكد الدراسات على الفئران أن هذا الجين يلعب دورًا في تحديد كتلة العظام. إضافة إلى ذلك.. لاحظ الباحثون وجود فائض من إشارات ناشئة عن الترميز الضار، والمتغايرات غير المرمزة المحفوظة. وبشكل جماعي، يشير هذا العمل إلى أن المتغايرات غير المرمّزة منخفضة التردد لها آثار كبيرة على الكثافة المعدنية للعظام BMD، واحتمالات حدوث كسور في عموم السكان.

Whole-genome sequencing identifies *EN1* as a determinant of bone density and fracture

H Zheng *et al*

doi:10.1038/nature14878

تشريح نظام مناعة "كريسبر – كاس"

توفِّر أنظمة "كريسبر-كاس" للبكتيريا وللعتائق مناعة تكيُّفية ضد العناصر الوراثية المتنقلة (MGEs)، مثل الفيروسات البكتيرية، والبلازميدات. تعمل هذه الأنظمة من خلال استخدام جزيئات الحمض النووي الريبي الدليلية الصغيرة المستمدَّة من المواجهات السابقة مع العناصر الوراثية المتنقلة (MGEs)، التي تعمل جنبًا إلى جنب مع بروتينات "كاس" على انحلال الأحماض النووية الغازية التكميلية. ويصف هنا لوتشيانو مارافيني اكتشاف هذه النظم، وآليّات المناعة، بما في ذلك التقدم الذي أُحرز مؤخرًا في إنشاء الأساس الجزيئي لتحصين المضيف. ويصف الباحث أيضًا المسائل المعلَّقة الرئيسة في المجال البحثي، والاتجاهات من أجل التقدم في المستقبل.

CRISPR-Cas immunity in prokaryotes

L Marraffini

doi:10.1038/nature15386

علم الأرض

العوامل المؤثرة على التعرية الجليدية

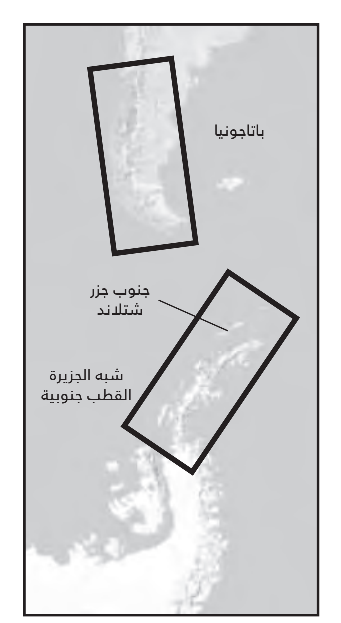
تلعب التعرية الجليدية دورًا مهمًّا في تشكيل السطح الأرضي، لكن محاولات تحديد التأثير طويل المدى للأنهار الجليدية ثبت أنها شاملة ومتناقضة. ويُتوقع أن تتناقص معدلات التعرية الجليدية باتجاه القطبين، حيث تحدّ درجات الحرارة المنخفضة من إنتاج المياه المنصهرة، وبالتالي تحدّ من الانزلاق الجليدي، والتعرية، ونقل الترسبات. تقدِّم تلك الدراسة بيانات تعرية وسرعة من 15 مَخرَجًا للأنهار الجليدية، تغطي درجة حرارة الأنظمة الحرارية للأنهار الجليدية القطبية من باتاجونيا، حتى شبه الجزيرة القطبية الجنوبية. وتكشف مجموعة البيانات عن أنه أثناء القرن الماضي تباينت معدلات التعرية المتوسطة الحوضية بمقدار ثلاثة أضعاف من القيمة، كدالة في المناخ عبر خط العرض هذا. ويرى الباحثون أن كلًّا من الظواهر المناخية، والمنظومة الحرارية الجليدية تُحدِث سيطرة أكبر على معدلات التعرية، أكثر من حدود الغطاء الجليدي، والفيض الجليدي، أو السرعات الانزلاقية.

Observed latitudinal variations in erosion as a function of glacier dynamics

M Koppes *et al*

doi:10.1038/nature15385

الشكل أسفله | خريطة مواقع منطقة الدراسة، من شمال باتاجونيا، حتى وسط شبه الجزيرة القطبية الجنوبية.



من خط العرض الكامل 46 درجة جنوبًا، حتى 66 درجة جنوبًا.

علم الفيروسات

انتقال الإنفلونزا عبر الهباء الجوي

تَستخدم فيروسات الإنفلونزا البشرية مستقبِلات حمض السياليك المرتبط بألفا 2،6، في حين أن فيروسات إنفلونزا الطيور ترتبط بشكل تفضيلي بحمض السياليك المرتبط بألفا 2،3. وقد تَبيَّن أن انتقال العدوى المحمولة جوًّا لفيروسات الإنفلونزا بين البشر ارتبط باستخدام حمض السياليك المرتبط بألفا 2،6، وليس المرتبط بألفا 2،3. وباستخدام نهج خسارة الوظيفة، الذي تمت فيه هندسة فيروس الإنفلونزا H1N1 الوبائي لعام 2009 وراثيًّا، لتقييد حمض السياليك المرتبط بألفا 2،3، أثبت كانتا سوباراو وزملاؤه مؤخرًا أن الحنك الرخو soft palate في القوارض هو موقع مهم لحدوث تحويل في استخدام المستقبِل، وأن هذا النسيج يختار فيروس الإنفلونزا الذي يفضل المستقبِل البشري. ويشير هذا العمل ـ بالإضافة إلى نتائج أخرى سابقة ـ إلى أن تحليل اللياقة التنسخية لفيروسات الإنفلونزا (أ) في الحنك الرخو قد يكون له ما يبرره في تقييم قدراتها الوبائية.

The soft palate is an important site of adaptation for transmissible influenza viruses

S Lakdawala *et al*

doi:10.1038/nature15379

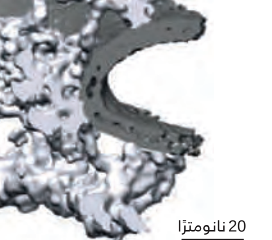
تمييز البروتينات الفيروسية

طوَّرت الخلايا البكتيرية نظام مناعة للحماية من العدوى الفيروسية، معروف باسم "كريسبر" CRISPR، وهو ما بات مشهورًا كأداة التحرير الجيني "كريسبر-كاس". ورَدًّا على ذلك.. طوَّرت الفيروسات تدابير مضادة، تتجسد في البروتينات المضادة لكريسبر. ومؤخرًا، وصف آلان ديفيدسون وزملاؤه ثلاثة أنواع مختلفة من البروتينات المضادة لكريسبر، ووجدوا أن كلًّا منها يتداخل مع نظام كريسبر للمضيف في خطوات مختلفة.

Multiple mechanisms for CRISPR–Cas inhibition by anti-CRISPR proteins

J Bondy-Denomy *et al*

doi:10.1038/nature15254



علم الأورام

خلايا شبيهة بالخلايا الجذعية

إنّ فَهْم ديناميّات النقيلة أمر بالغ الأهمية لتطوير علاجات جديدة للسرطان. وفي محاولة لتوصيف خصائص الخلايا النقيلة، وربطها بعبء الورم، استخدمت زينة ويرب وزملاؤها أدوات علم الجينوم للخلية المفردة، لدراسة التمايز الخلوي في الخلايا المفردة لسرطان الثدي النقيلي البشري، من نماذج متميزة لورم الثدي. ووجد الباحثون أن الخلايا النقيلة المبكرة تمتلك خصائص قاعدية ووسيطة، وتحمل علامات لخلايا الورم الخاملة، بينما تعبِّر عن علامات الخلايا متعددة القدرات. وعلى النقيض.. تتسم الخلايا النقيلية بخصائص تكاثرية، وتتشابه مع الخلايا الجذعية، معبِّرة بذلك عن علامات التمايز. ونظرًا إلى هذه الاختلافات، استطاع الباحثون استهداف الخلايا النقيلة المتأخرة باستخدام مركّب مضاد للانتشار؛ للحدّ من العبء النقيلي في نموذج الفأر.

Single-cell analysis reveals a stem-cell program in human metastatic breast cancer cells

D Lawson *et al*

doi:10.1038/nature15260

بيولوجيا الخلية

نموذج مفصل لمركّب الثغر النووي البشري

يتم التحكم في نقل المواد بين النواة والسيتوبلازم في الخلايا حقيقية النواة بواسطة مجمع المسام النووي. وقد استخدم مارتن بيك وزملاؤه التصوير المقطعي بمجهر إلكترون تبريد العيِّنة، ومطياف الكتلة، وتحليلات أخرى؛ لتوليد نموذج بنيوي أكثر شمولاً لمركّب الثغر النووي البشري حتى الآن. ويكشف هذا النموذج عن تفاعلات محلية لم تكن معروفة سابقًا، ودور للنوكليوبورين 358 في عملية تشكيل مركّب واي (Y).

***In situ* structural analysis of the human nuclear pore complex**

A Appen *et al*

doi:10.1038/nature15381

الشكل أعلاه | خريطة التصوير المقطعي لمركب الثغر النووي البشري. تُظْهِر البِنْيَة قطعًا نصفيًّا (الأغشية باللون الرمادي الداكن).

علم الدم

علامة للخلايا الجذعية لنخاع العظم

يظل موضع الخلايا الجذعية المنتجة للدم HSCs في نخاع العظام مجهولاً، حيث أعاق عدم وجود علامة واحدة يمكن أن تحدد الخلايا الجذعية المنتجة للدم HSCs، وندرتها، والقيود في تقنيات التصوير في نخاع العظام، دون التعرف عليه. وقد حدد شون موريسون وزملاؤه مؤخرًا ألفا-كاتلين كعلامة للخلايا الجذعية المنتِجة للدم، التي يمكن استخدامها لإظهار الخلايا الممسوحة بصريًّا في نخاع العظام، باستخدام التصوير العميق متحد البؤر، وإعادة البناء الرقمي للأنسجة. وجد الباحثون أن خلايا ألفا-كاتلين GFP^{+}c-kit^{+} هي الأكثر شيوعًا في نخاع العظم المركزي، مقارنةً بالقرب من أسطح العظام، وفي منطقة قصبة العظم، بدلًا من الكُرْدوس. وقد تم العثور على الخلايا المحددة بهذا الشكل في البيئة الملائمة المحيطة بالجيبانيات في جميع أنحاء نخاع العظام، وعلى مقربة من مستقبِل اللبتين، وخلايا Cxcl12.

Deep imaging of bone marrow shows non-dividing stem cells are mainly perisinusoidal

M Acar *et al*

doi:10.1038/nature15250

صندوق الأدوات

شـارات التـمـيــــز

هناك نظام معياري من الشارات الرقمية، يوضح مقدار إسهام كل باحث في الورقة البحثية، ويهدف إلى تعزيز التعاون، ووضع التقدير في محله.



ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

دالميت سينج تشاولا

هناك مبادرة تَستخدِم "شارات رقمية" ملونة؛ للدلالة على الإسهامات المختلفة في البحث العلمي، تهدف إلى توحيد وتبسيط عملية تفصيل مَنْ قام بعمل معين في الورقة البحثية. فقد بدأ اثنان من الناشرين في تعيين شارة لكل باحث من 14 شارة موجودة، بغرض تحديد الأدوار التي لعبوها خلال الدراسة البحثية.. مِن الشارة الأرجوانية التي ترمز إلى الباحث المختص "بالموارد"، مثل (توفير الكواشف الكيميائية، أو المعدات)، وصولًا إلى الشارة الحمراء التي تشير إلى الباحث الذي قام بكتابة المسودة الأولية للبحث. تقول إمي كينال ـ وهي ناشرة مشارِكة في دار النشر "بيومد سنترال" BioMed Central في لندن ـ إن هذا قد يساعد على تحجيم سياسات قوائم التأليف، التي قد يتمكن فيها المشرفون من الحصول على التقدير على عمل قام به طلاب الدكتوراة التابعون لهم. ويهدف المشروع أيضًا إلى تعزيز التعاون، عن طريق تعيين حدود تخصصات كل مساهم بوضوح، حسب قولها.

في 28 سبتمبر الماضي، قامت دورية "جيجا ساينس" *GigaScience* ـ التابعة لدار النشر "بيومد سنترال" ـ بإضافة هذه الشارات إلى اثنتين من أوراقها البحثية المنشورة، حيث يمكن للقراء النقر لرؤية الباحثين المشاركين مصنَّفين تحت شارات متعددة، كما أن المعلومات موجودة برموز ذات صيغة تسمح لبرامج الكمبيوتر باستخراجها، مما يجعلها قابلة للربط مع حسابات الباحث الأخرى على الإنترنت (مثل نظام تحديد هوية الباحث ORCID). وهناك ناشر آخر في لندن، "يوبيكويتي برس" Ubiquity Press، سيضيف الشارات إلى اثنتين من أوراقه البحثية المنشورة.

تشرح كينال أنه "من أجل أن تكون المعلومات المتعلقة بالإسهام مفيدة وذات معنى، لا بد من أن تتبع معيارًا موحدًا". فهناك أوراق بحثية كثيرة تتضمن أقسامًا عن مشارَكات الباحثين، ولكن تنسيقاتها متنوعة، كما أنها قد تكون مبهمة، أو تحوي دعابات يفهمها الباحثون فحسب. فمثلًا، في إحدى الورقات البحثية ذات الشارات، تم وصف إسهام الباحث كيث برادنام ـ المتخصص في المعلوماتية الحيوية بجامعة كاليفورنيا في ديفيس ـ بأنه "اقتاد الماعز". ◄

صندوق الأدوات

تم تطوير فكرة الشارات بتعاون ناشرين، وممولي أبحاث، وشركات برمجيات (تُستخدم الشارات الرقمية منذ عدة سنوات كدليل مرئي على الإنجاز). وأبدى العديد من الناشرين الآخرين اهتمامًا بتطبيق الفكرة، حسب قول كينال، وكانت ردود الفعل الأوَّلية من الباحثين إيجابية. وتأتي الأربع عشرة فئة من مشروع ذي صلة، يُسمى "التصنيفات الرقمية"، حيث جمع العام الماضي محرري الدوريات، والممولين، والباحثين، بغرض تصنيف إسهامات الباحثين كمجموعة من الأدوار القياسية (انظر: L. Allen *et al*. *Nature* **508**, 312–313; 2014).

تقول ليز ألن، وهي واحدة من مؤسسي مشروع التصنيفات الرقمية: "نعتقد أن هذا هو الوقت المناسب لنكون أكثر تحديدًا بشأن الإسهامات في الأعمال العلمية المنشورة". وتضيف قائلة أيضًا: "إن تحديد أدوار الباحثين المشاركين بدقة قد يساعد في طلبات منح التمويل، لأن المتقدمين يستطيعون أن يكونوا أكثر وضوحًا بشأن الإسهامات البحثية".

لا يزال التصنيف في صورة تقريبية، لكن مشروع الشارات ليس هو الوحيد الذي يقوم بتطبيقه، حسب قول ألن. فدار نشر "سيل برس" *Cell Press*، على سبيل المثال، تقدِّم الآن للباحثين خيار استخدام التصنيفات عند إرسال الأوراق البحثية. وقد تم نشر ورقتين حتى الآن، تحتويان على هذه الخاصية، وإن كانتا بدون شارات.

قد تكون الإسهامات في المنتجات العلمية أكثر تنوعًا بكثير من أن يتم حصرها في تصنيف من 14 فئة، حسب قول ميليسا هايندل، التي تطوِّر أنظمة من أجل تصنيف البيانات الأحيائية والاستعلام عنها في جامعة أوريجون للعلوم والصحة في بورتلاند. وتشارك هايندل في رئاسة مجموعة عمل "فورس 1" FORCE1، وهي مبادرة مجتمعية تهدف إلى تحسين سياسات وتكنولوجيات الاتصالات العلمية. تقوم المجموعة بتفصيل أدوار الباحث جزئيًّا باستخدام برامج كمبيوتر؛ للبحث في النصوص الموجودة في أقسام إسهامات الباحثين في الأوراق البحثية.

وفي ورشة عمل عُقدت في يناير بجامعة أكسفورد في المملكة المتحدة، تم سرد أكثر من 500 مهمة، قد يرغب الباحثون في الحصول على التقدير من أجلها، وتشمل الأمثلة تطوير بروتوكولات تجريبية، والتقاط الصور، وتطوير دراسات استقصائية تمّ التحقق من صحتها، أو توفير الكواشف الكيميائية للمختبر. وتشير كينال إلى أن إمكانية توسيع الشارات التي يستطيع الباحث الحصول عليها بسهولة؛ فعلى سبيل المثال.. من الممكن إضافة فئات لتقدير مراجعات الأقران، ونَسْبها إليهم.

في الوقت الحالي، تركِّز دار النشر "بيومد سنترال" على جمع البيانات عن عدد المرات التي يضغط فيها الناس على الشارات، وذلك قبل الدفع بالمحادثات قدمًا مع الممولين، والناشرين، والباحثين، بشأن مدى فائدتها العملية، قبل تطبيق نظام الشارات في دوريات أخرى. وتقول كينال: "على عكس السيرة الذاتية، أو القسم الخاص بإسهامات الباحثين، تقدِّم الشارات أسلوبًا يتمتع بالشفافية والائتمانية لتقييم الإسهامات، يتلاءم مع الغرض منه، ويتلاءم مع العالَم الرقمي". ■

ملاحظة من المحرر: دالميت سينج تشاولا عمل في دار نشر "بيومد سنترال" حتى يونيو 2014، ولكنه لم يشارك في مشروع الشارات.

نشر

الدورية التي لا تنشر أوراقًا علمية

هناك دورية رياضيات تعمل كواجهة لخادم أركايف arXiv، الذي يستضيف الأوراق البحثية الأولية.

فيليب بل

تتشكل الدوريات العلمية الجديدة بتواتر هائل ـ بل وممل ـ هذه الأيام، لكن دورية "ديسكريت أناليسيس" *Discrete Analysis* مختلفة.. فهي دورية متاحة عبر الإنترنت فحسب، ولن تحتوي على أية أوراق علمية. وبدلًا من ذلك.. ستوفر روابط للأوراق البحثية الأولية في الرياضيات، التي يستضيفها خادم arXiv. ويقوم الباحثون بإرسال أوراقهم البحثية بشكل مباشر من arXiv إلى الدورية، حيث ستقوم بتقييمهم بالاعتماد على نظام مراجعة الأقران التقليدي.

ومع عدم وجود أية رسوم على المساهمين أو القراء، ستتجنب دورية "ديسكريت أناليسيس" الضغوط التجارية التي يشعر البعض بأنها تشوِّه الأدبيات العلمية. ويعود جزء من هذا إلى أنها تحدّ من إمكانية الوصول إليها، حسب قول مدير تحرير الدورية، تيموثي جاورس، عالِم الرياضيات في جامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة، والحائز على ميدالية "فيلدز" المرموقة.

يشرح جاورس في المقال الذي نشره على مدونته في 10 سبتمبر الماضي للإعلان عن الدورية قائلًا: "جزء من الدافع وراء إنشاء الدورية هو بالطبع تحدِّي النماذج الحالية للنشر الأكاديمي، والإسهام بشكل صغير في إنشاء نظام بديل أرخص بكثير. فإذا ائتمنتَ الباحثين على القيام بالتنضيد الطباعي، والتحرير الخاص بهم بمستوى مُرْض، ومع الاستعانة باقتراحات المُحَكِّمين، عندها ستكون تكلفة تشغيل دورية للرياضيات أقل بمرتين ـ على الأقل ـ من التكلفة التي يتكبَّدها الناشرون التقليديون.

إنّ تكلفة الدورية 10 دولارات أمريكية فحسب عن كل ورقة بحثية يتم إرسالها. وهذه الأموال مطلوبة من أجل الاستفادة من برنامج "سكولاستيكا" Scholastica، وهو برنامج تم تطويره في جامعة شيكاجو في إلينوي، من أجل إدارة عملية مراجعة الأقران، وإعداد مواقع الدوريات العلمية على الإنترنت، حسب قول جاورس. وتعتمد الدورية أيضًا على استمرار وجود خادم arXiv، يتكلف تشغيله أقل من 10 دولارات لكل ورقة بحثية. كما أن هناك منحة من جامعة كمبريدج، ستغطي تكاليف أول 500 ورقة بحثية. ويأمل جاورس بعدها في إيجاد تمويل إضافي، أو طلب رسوم إرسال من الباحثين.

دوريات "الواجهة"

إن فكرة وجود دوريات تعمل كأنها "واجهة" تربط الأوراق البحثية المستضافة على خوادم الأبحاث الأولية (أي التي لم تمر بمرحلة مراجعة الأقران بعد) ليست فكرة جديدة. فهناك بالفعل دوريات "واجهة" لأبحاث الرياضيات على arXiv، مثل دورية "سيجما" SIGMA (اختصارًا للعبارة الإنجليزية "التماثل والتكامل والهندسة: أساليب وتطبيقات")، ودورية "لوجيكال ميثودز" *Logical Methods* في علوم الحاسب.

من المحتمل أن يوسع إعلان جاورس نطاق الاهتمام بالفكرة؛ بسبب نفوذه في مجتمع الرياضيات وخارجه. فقبل ثلاث سنوات، ساعد المقال الذي أعلن عن مقاطعة جاورس الشخصية لعملاق النشر الهولندي "إلسيفير" Elsevier على إشعال حركة "تكلفة المعرفة"، التي شهدت أكثر من 15 ألف باحث يتعهّدون بطرق مختلفة بعدم النشر، ولا التحكيم، ولا القيام بأي عمل تحريري لدار نشر "إلسيفير".

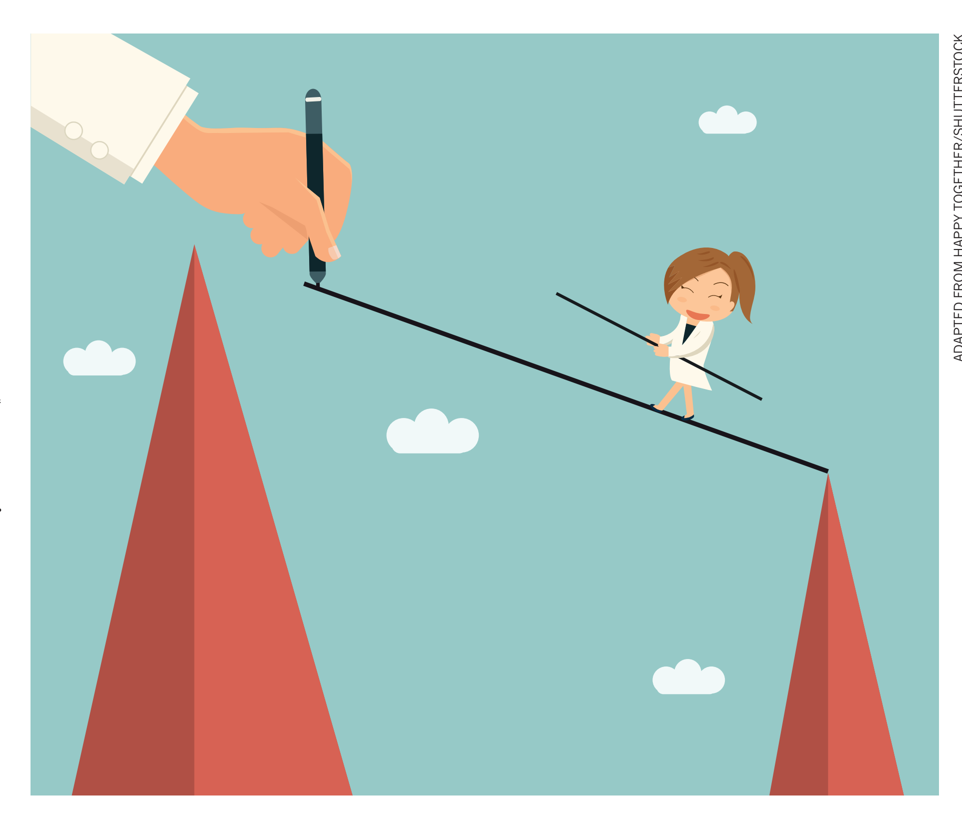
وفي عام 2013، أعلن جاورس عن انخراطه في مبادرة تُسمى "مشروع إبسانيسيس" Episciences project، حيث قرر فيها الرياضيون إطلاق سلسلة من دوريات "الواجهة"، (انظر: *Nature* http://doi.org/kwg; 2013). هذه الدوريات تَستخدِم الأرشيف متعدد التخصصات، المسمَّى "هال" HAL، وهو خادم للأوراق البحثية الأولية في ليون بفرنسا، ويعمل كمرآة لمحتويات خادم arXiv. ويعترف أحد قادة المشروع ـ وهو عالِم الرياضيات جان بيير ديمايلي، الذي يعمل بجامعة جرينوبل في فرنسا ـ بأن التقدم كان بطيئًا، ويقول في هذا الصدد: "استغرق التطوير التقني لمنصة "إبسانيس" حوالي عام ونصف العام، أطول مما تم تصوُّره في البداية. ورغم ذلك.. تتقدم الأمور الآن بشكل جيد". ويضيف ديميلي قائلًا إن المبادرة لديها الآن خمسة أو ستة موظفين، وتدير ثلاث دوريات في علوم الحاسب، وواحدة في الرياضيات، ولا تتقاضى أي شيء مقابل النشر.

يقول جاورس إن منصة "إبسانيس" كانت يمكن أن تكون منصة مناسبة لدورية "ديسكريت أناليسيس" أيضًا، ولكن حدث أن كان لديه ما يكفي من التمويل لاستخدام برنامج "سكولاستيكا"، ولذا.. اختار فعل ذلك. ويضيف قائلًا: "آمل أن يعتاد الناس هذا النموذج في النشر مع الوقت، فالاهتمام الأساسي في الدورية سيكون متعلقًا بالرياضيات التي تحتويها". وهناك موقع مؤقت على منصة برنامج "سكولاستيكا"، سيتلقّى طلبات الإرسال، قبل أن تُطْلَق الدورية في أوائل العام القادم.

يضيف جاورس قائلًا إنه من الممكن مَدّ هذا النموذج إلى مجالات أخرى، ولكن ربما يكون التساؤل الأهم الآن عن مدى سهولة تَبَنِّي الباحثين له. يقول جاورس: "بصرف النظر عن كونها دورية "واجهة" لخادم arXiv، فدوريّتنا تقليدية جدًّا، وهو أمر مهم في اعتقادي، حتى لا يشعر الرياضيون أن النشر فيها مخاطرة كبيرة. وإذا أصبح هذا النموذج واسع الانتشار؛ عندها سأرغب شخصيًّا في رؤية أفكار أكثر خروجًا عن المألوف، تتم تجربتها كذلك"، ومنها ـ على سبيل المثال ـ تجربة المراجعة بعد النشر، والكشف عن هوية المُحَكِّمين. ■

تصحيح

لم يَذكر موضوع " انظر كيف تركض" المنشور في قسم صندوق الأدوات في عدد أكتوبر الماضي من الطبعة الإنجليزية (*Nature* **525**, 145-146; 2015) الاسم الكامل لإليزابيث برينيرد، ووظيفتها، حيث تعمل في جامعة براون. كما ذُكِر ـ عن طريق الخطأ ـ أن كاثرين ستيل تدرس مرض التليف الكيسي، بدلًا من الشلل الدماغي.



ADAPTED FROM HAPPY TOGETHER/SHUTTERSTOCK

بيئة العمل

عندما تسوء الأمور في المختبرات

مِن الممكن أن تؤدي العلاقة السيئة بين العلماء الصغار والأساتذة المشرفين عليهم إلى تحطيم طموحاتهم الوظيفية مبكرًا.

كريس وولستون

جاء على لسان إحدى الشخصيات في الفيلم السينمائي «دوري خاص بهم» *A League of Their Own* (1992) عبارة مشهورة، تقول إنه «لا مجال للبكاء في لعبة البيسبول»، ولكن هناك ـ بكل تأكيد ـ مجال واسع للبكاء في دنيا العلوم، حسب قول إيزايا هانكل، عالِم بيولوجيا الخلية سابقًا، والباحث والمدرب المهني حاليًّا، إذ يعترف هانكل بأنه ذرف بعض الدموع في مقصورة أحد الحمّامات، بعد أن صرخ فيه مشرفه في مرحلة الدراسات العليا أمام جميع أفراد المختبر، وحدث ذلك كله بينما كان هناك باحث رئيس آخر يتابع الموقف. يقول هانكل: «كان ذلك بمثابة أشد المواقف جنونًا».

إنّ ذلك الإحساس لم يأتِ من فراغ، فأثناء عامه الدراسي الخامس، تلقَّى هانكل وعدًا بوظيفة في مجال الصناعة، وذلك بشرط أن يحصل أولًا على درجة الدكتوراة، ولكن لسوء حظه لم يكن الباحث الرئيس موافقًا على هذه الخطة. ويقول هانكل في هذا الصدد: «لقد سَحَب دعمه تمامًا. فقد أردتُ وضع خطة تفصيلية لما ينبغي بالضبط أن أفعله حتى أتخرج، لكنه أبَى أن يقرّ تلك الخطة».

مثلما حدث مع هانكل، يأتي على كثير من الباحثين الصغار وقت، يدركون فيه أن علاقتهم بالباحث الرئيس ـ وهو الشخص الأكثر تحكمًا في مسارهم الوظيفي ـ لا تسير بشكل جيد، حيث تقول سارة بلاكفورد، رئيس قسم الشؤون التعليمية والعامة بجمعية علوم الأحياء التجريبية، التي يقع مقرها الرئيس في لندن: «لقد شهدتُ كثيرًا من المواقف التي تقع فيها مشكلات بين الباحثين ومشرفيهم. ورأيت البعض ينفعلون بشدة، مما يؤدي إلى تصعيد الأمور». وتضيف بلاكفورد ـ التي تتخذ من جامعة لانكستر بالمملكة المتحدة مقرًا لها، والتي تقدم النصح للباحثين الصغار عبر شتى أنحاء أوروبا ـ قائلة إن باحثي ما بعد الدكتوراة وطلاب الدراسات العليا في المختبرات المعطلة يجب أن يحددوا الخطوة الجوهرية التالية: هل سيتحملون الوضع على مشكلاته القائمة؟ هل سيجدون وسيلة لإصلاح العلاقات؟ أم أنهم سوف يغادرون المختبر؟

مهما كان القرار، سواء بالتحمُّل، أم الإصلاح، أم المغادرة، فإن تلك النزاعات من المحتمَل أن تصبح نقطة تحوُّل في المسار الوظيفي لهؤلاء الباحثين. فالباحثون الصغار الذين يقعون في خلافات مع الباحثين الرئيسين ربما يشعرون بأنهم قد صاروا عالقين، وربما ينتهي بهم الأمر بفقدان خطاب من بين خطابات التوصية، التي حسبوا حسابها في مبدأ الأمر. وهذا لا يعني أن عملهم في مجال العلوم قد انتهى، فمِن الممكن أن يواصل هؤلاء الباحثون طريقهم، سواء نحو المجال الأكاديمي، أو ما وراءه، إذا تبنّوا موقفًا إيجابيًّا، واطّلعوا على السياسات المؤسسية، ونجحوا في نيل تأييد بعض الحلفاء الموضوعيين الذين يشغلون مناصب مناسِبة في الجامعة.

تغيير في المسار

أدرك هانكل سريعًا أن عمله لساعات طويلة، وتفانيه في العمل، لن يكفيا للخروج من تلك الأزمة مع مشرفه. ويقول عن ذلك: «كان مشرفي يريد مِنّي أن أبذل جهدًا أكبر. وكنت أحصل على مزيد من البيانات من أجله، ولكن لأنه لم يمنحني هدفًا أصوِّب عليه، رأيت أنني لا أستطيع الاستمرار في تضييع وقتي بلا طائل». لذا.. بدلًا من بذل مزيد من الجهد في عمله، استخدم هانكل جزءًا من وقت راحته (المدفوع) في التفكير في وضْع خطة. فبدأ بحضور المؤتمرات، وكان ينفق على ذلك من جيبه الخاص. وحسبما يقول، فإن ذلك النوع من شبكات العلاقات يمكن أن تكون له أهمية خاصة في وقت النزاعات. وكذلك احتفظ هانكل بسجلات يومية، دوَّن فيها تعاملاته مع الباحث الرئيس، وقام بحفظ جميع رسائل البريد الإلكتروني ذات الصلة.

الأهم من ذلك كله.. عقَد هانكل عدة اجتماعات مع رئيس القسم، والعديد من العمداء، وناقش معهم حاجته إلى تحديد مسار واضح نحو التخرج. وكذلك استشار الدليل الرسمي لكلية الدراسات العليا في جامعته، وهو الأمر الذي أتاح له مصدرًا رئيسًا للدعم. فمن بين الإعلانات المذكورة في الدليل.. أنه يُنتظر من الطلاب التخرج في خلال خمس سنوات، وأن المشرفين يُفترض أن يدعموا مسيرة طلابهم بفاعلية. ونجحت تلك الاجتماعات في حث مشرف هانكل في النهاية على إخباره بالإجراءات الدقيقة المطلوب منه اتخاذها لإنهاء رسالته. ومع وضْع لخطة مناسبة للخروج، استطاع هانكل الحصول على درجته العلمية، بعد ما يقرب من سنة على بدء كل تلك المشكلات.

من الممكن أن تكون الخلافات التي تنشب مع كبار العلماء أمرًا مزعجًا لطلاب الدكتوراة على وجه الخصوص، حسب قول كارين كيلسكي، وهي مدرِّبة للوظائف العلمية في يوجين بولاية أوريجون، ومؤلفة كتاب «البروفيسور جاهز للعمل: دليلك الأساسي نحو تحويل درجة الدكتوراة إلى وظيفة» *The Professor is In: The Essential Guide to Turning your PhD into a Job* (دار نشر ثري ريفرز برس، 2015). وتضيف كيلسكي قائلة إنه لا تتاح لطلاب الدكتوراة دائمًا الخبرة الشخصية للتعامل مع العلاقات المضطربة، وغالبًا ◄

أفضل أنواع الدفاع

انظر موضع قدميك أولًا

يمكن لكثير من الباحثين الصغار الذين يجدون أنفسهم في خلافات مع مشرفيهم تجنُّب تلك المشكلات من خلال عملية بحث تمهيدي بسيطة. فمن المفيد لطلبة الدكتوراة العثور على شخص لديه تاريخ معروف في مجال تحويل المتدربين إلى علماء، حسب ما تقوله المستشارة المهنية كارين كيلسكي، التي تعمل في يوجين بولاية أوريجون.

تقول كيلسكي: «كن مخبِرًا حاذقًا، واستشر طلاب الدراسات العليا الآخرين، وباحثي ما بعد الدكتوراة، وانظر في سجل أعمال هؤلاء المشرفين». وسوف تخبرك الإحصائيات خلاصة القصة بأكملها، وهي أن الكثير من المشرفين «السيئين» لم يقودوا مطلقًا طالبًا من طلاب الدكتوراة إلى مرحلة الحصول على الدرجة العلمية بالفعل. وبالطبع هناك بعض الباحثين الرئيسين الجدد الذين لا يمتلكون تاريخًا طويلًا، نظرًا إلى حداثة عملهم. وفي تلك الحالة، كما توضح كيلسكي، يجب على الطلاب مراجعة المشرفين المحتملين، للتأكد من الْتِزامهم بمساعدة الطلاب في الحصول على درجاتهم العلمية.

في أغلب الأحيان يتبنَّى باحثو ما بعد الدكتوراة اتجاهًا عشوائيًّا في العثور على مختبر، حسب ما تقوله صوفي كليبنر، العميد المساعد في مكتب شؤون ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا: «بعض هؤلاء الباحثين سوف يزعجون الجامعة بأسرها برسائل البريد الإلكتروني غير المرغوب فيها، بحثًا عن وظيفة. إنهم يفعلون ذلك معي، وقد تركتُ المختبر منذ وقت طويل».

بدلًا من ذلك.. ينبغي على الباحثين البحث بشكل أكثر تركيزًا عن مختبر يوافق شخصياتهم، وليس اهتماماتهم العلمية فحسب. وتنصح كليبنر باحثي ما بعد الدكتوراة بالتحدث إلى الباحث الرئيس، وأفراد المختبر المحتمل؛ مما يتيح فرصة طيبة لكلا الطرفين للعثور على الأشخاص المناسبين. إضافة إلى ذلك.. عليهم أن يُجْرُوا حديثًا شخصيًّا مع المشرف، بل وأن يتناولوا طعام الغداء أو العشاء مع أفراد المختبر الآخرين. فتلك الظروف تتيح الفرصة المناسبة لتوجيه سؤال قد يمنع الكثير من المشكلات المستقبلية، هو: ما هي أسوأ الأمور بشأن العمل في ذلك المختبر؟ فإذا كانت الشكاوى تتجاوز بكثير نطاق التذمر المعتاد في المجال العلمي، فمن الأفضل الاستمرار في عملية البحث عن مختبر. **كريس وولستون**

ما يكونون غير مستعدين للتسلسل الوظيفي الصارم في المجال الأكاديمي (انظر: «موضع قدميك أولًا»). تقول كيلسكي: «يتسم بعض المشرفين بالعدوانية وعشْق السلطة، ولا يريدون سوى أن يروا مستقبل الشخص يتحطم أمامهم». وتضيف قائلة إنه بدلًا مِن أن يسمح هؤلاء المشرفون للطالب بمناقشة رسالته، والحصول على درجته العلمية، يطلبون منه إعادة كتابة الرسالة مرة أخرى، أو إجراء تجربة إضافية، ليس لأن ذلك العمل جوهري أو مهم، ولكن فقط لتذكير الطالب دائمًا بمَن يكون الآمِر الناهي في واقع الأمر. وتقول: «هذه أكثر القصص التي أسمعها انتشارًا».

في حالات كثيرة، يمكن للطلاب الحصول على حريتهم عن طريق طأطأة رؤوسهم في انقياد، وتلبية جميع الطلبات، حتى ولو بدت خاطئة، أو غير مفيدة. وتضيف كيلسكي، الحاصلة على درجة الدكتوراة في الأنثروبولوجيا الثقافية: «راجعتُ رسالتي، وحذفتُ منها كل شيء لم يرق لمُشْرِفتي، وأضَفْتُ كل ما ترغبه». وتضيف قائلة إنه عندما يقترب الطلاب من خط النهاية، يجب عليهم ألا يشغلوا أنفسهم بتراثهم الأدبي، وأن يفكروا بصورة أكبر في إرضاء الباحث الرئيس: «يكون كثير من طلاب الدراسات العليا مستغرقين تمامًا في رسائلهم العلمية، ولكن الحقيقة أنه لن يقرأها أحد. لذا.. لا ينبغي أن يغلبهم الحماس بهذه الطريقة».

البحث عن حلفاء

حصلَتْ باحثة متخصصة في علم الإدراك، طلبَتْ عدم ذكر اسمها، على درجة الدكتوراة من جامعة مرموقة تقع على الساحل الغربي للولايات المتحدة. تقول تلك الباحثة إن علاقتها بالمشرف الرئيس قد أصابها التصدع في السنة الرابعة من برنامج الدكتوراة الذي يستمر لمدة خمس سنوات، وقد كان وقتًا حرجًا للغاية في مسيرتها العلمية. وبعد مزيج من التصرفات الخاطئة، وسوء التفاهم، وجرح الشعور، وجدَتْ نفسها تتساءل عما إذا كان ينبغي عليها التخلي عن برنامج الدكتوراة، والبدء من جديد، أم لا. ومِن بين التصرفات المثيرة للتساؤل، أن مشرفها استشاط غضبًا عندما قامت ببعض الأعمال في مختبر منافس أثناء إجازته. وعندما أعطى مشرفها أحد مشروعاتها لطالب آخر، شعرَتْ أن العلاقة بينهما قد انهارت بشكل لا يمكن إصلاحه. وبدلًا من أن تنسحب من برنامج الدكتوراة الخاص بها، ذهبت تلك الباحثة لتناول القهوة مع إحدى عضوات هيئة التدريس بالكلية، التي ساعدتها على رؤية الوضع بالكامل: «أخبرَتْني أنني لا يجب أن أضيع أربع سنوات من العمل». وقد تقدمت عضو هيئة التدريس المذكورة نفسها لكي تصبح الرئيس المشارك في اللجنة المشرفة على الطالبة، وهو الموقع الذي يمكنها مِن خلاله التأكد من أن عملية مَنْح الدرجة سوف تسير وفق أسس عادلة، وغير منحازة. تقول تلك الباحثة، التي تعمل الآن في وظيفة أستاذ مساعد بإحدى الجامعات الأمريكية: «لقد حرصتُ على أن تتأكد من عدم تعرُّضي لأي تصرفات انتقامية».

تقول صوفي كليبنر ـ العميد المساعد في مكتب شؤون ما بعد الدكتوراة في جامعة ستانفورد بولاية كاليفورنيا ـ إنه بالنسبة إلى باحثي ما بعد الدكتوراة، فإن الخلافات مع الباحثين الرئيسين يمكن أن تؤدي إلى مشاعر متزايدة من محاسبة النفس والقلق الوظيفي: «إنه لأمر جسيم، إذا كنتَ تعمل في مختبر، وشعرتَ أنه ليس المكان المناسب لك». ووفقًا لخبرات كليبنر، فإن باحثي ما بعد الدكتوراة غالبًا ما يشعرون كما لو أنهم في وادٍ، وأن مشرفهم في وادٍ آخر. وتقول عن ذلك: «إحدى المشكلات الكبرى تتلخص في التوقعات غير المتوافقة. فربما يرغب الباحث في أن يكون مستقلًا، ولكن الباحث الرئيس ربما يكون من النوع الذي يحب أن يتحقق من كل صغيرة وكبيرة. ومن الوارد أن يكون ذلك سببًا في قَدْر كبير من الإحباط وسوء التفاهم».

في بعض الأحيان، قد يؤدي سوء التفاهم البسيط إلى قدر كبير من التوتر. تقول كليبنر: «قد يخبرني أحد باحثي ما بعد الدكتوراة أنه لا يريد دخول المجال الأكاديمي، ولكنه يخشى من إبلاغ مشرفه الرئيس بذلك، ثم يأتي الباحث الرئيس ويقول إنه يشعر بالقلق، لأن ذلك الباحث الذي يشرف عليه لا يبدو مؤهَّلًا للعمل الأكاديمي». وحسب ما تقوله كليبنر، فإن الجانب الإيجابي في حالات سوء التفاهم البسيط يتمثل في أنها جميعًا يمكن في الغالب حلها بطريقة بسيطة للغاية، هي: الحديث بشأنها.

فن التواصل

حسب قول بلاكفورد، يحتاج باحثو ما بعد الدكتوراة ـ بوصفهم علماء محترفين ـ إلى تبنِّي مواقف عملية تجاه النزاعات التي تقع بينهم وبين الباحثين الرئيسين، وذلك من خلال التواصل، أو بالأحرى من خلال قدر كبير من التواصل. وتضيف قائلة عن ذلك: «عليك أن تتحدث عن الموقف، بدون أن تتطرق إلى جوانب شخصية، فيمكنك أن تعقد اجتماعًا، وتعدّ جدول أعمال مناسبًا». وتضيف بلاكفورد قائلة أيضًا إن الباحثين الرئيسين ليسوا جميعًا وَدُودِين، وليس من السهل التحدث إليهم. فإذا لم تنجح الأحاديث الشخصية المباشرة في حل المشكلة حلًّا جذريًّا، فإنها تنصح بالبحث عن عضو هيئة تدريس محايد، يوافق على تقديم نصيحة خاصة وسرية.

تقول بلاكفورد إنه في بعض الحالات يمكن أن تكون مناقشة الوضع مع حليف محايد وموضوعي ذات فائدة في مساعدة الباحثين الصغار (الساخطين) على فهم المصدر الحقيقي لشعورهم بعدم الرضا. وتضيف: «بعض الناس



KAREN KELSKY

مدربة الوظائف العلمية، كارين كيلسكي، تساعد طلاب الدكتوراة على استكشاف عالَم الوظائف.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

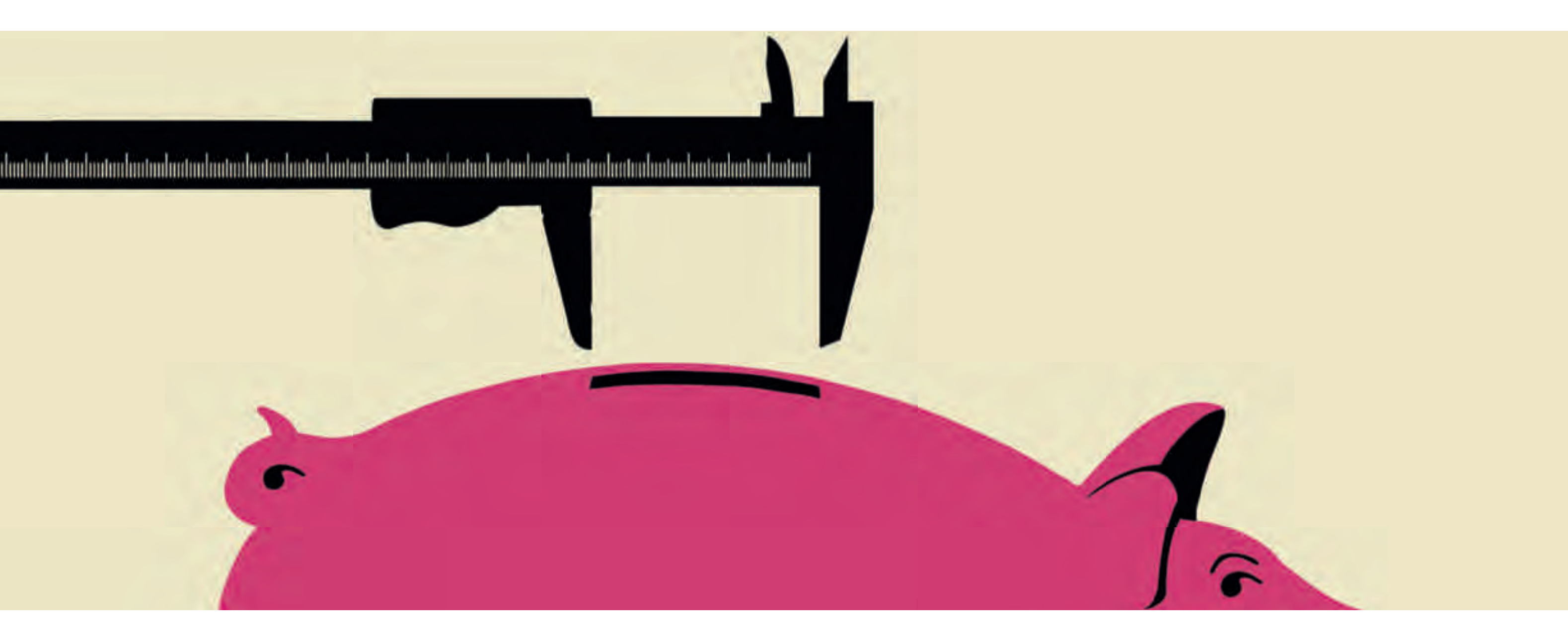
لا يكونون قادرين حتى على تحديد ما أخطأوا فيه، ولكنهم فقط يشعرون بعدم الاحترام، ثم يتعرضون لأزمة ثقة. ومن المفيد التحدث إلى شخص يستطيع استخلاص بعض المعلومات من كلامك».

ويجب على باحثي ما بعد الدكتوراة تطوير شبكة علاقات في الحرم الجامعي، تمنحهم حلفاء يمكنهم الاستماع إليهم، وإسداء النصح لهم. تقول كليبنر: «أنصح الأشخاص بتحديد مصادرهم الخاصة لدعم الأقران، والإرشاد في وقت مبكر. فأنت بحاجة إلى شخص في مقدوره الدفاع عنك، إذا سارت الأمور على غير ما يرام». وتضيف كليبنر قائلة أيضًا إن دعوة شخص ثالث إلى المشاركة في الحديث يمكن أن تكون وسيلة سريعة للتوصل إلى حل وسط، أو لتوضيح الأمور، و«يمكن أن نعتبر ذلك بمثابة مقرر أساسي نسميه (حل المنازعات 101)».

لا تكون جميع النزاعات قابلة للحل، ومن ثم يقرر بعض باحثي ما بعد الدكتوراة في نهاية الأمر أن يتركوا المختبر الذي يعملون فيه بصفة نهائية. وتقول كليبنر عن هؤلاء الباحثين: «يتمتع هؤلاء الأشخاص بقدرات ومؤهلات عالية، ولا يريدون الاعتراف بالفشل، ولكنني أعتقد أنه ليست ثمة مشكلة في الاعتراف بالفشل». فعندما يحين الوقت المناسب للمغادرة، تكون الروح المهنية أكثر أهمية من أي وقت مضى. لذا.. تنصح كليبنر بشرح قرار الانسحاب للباحث الرئيس بألفاظ واضحة، وبموضوعية، ودون انفعال، وبنبرة الصوت نفسها التي سوف يحتاجها الباحث عندما يتحدث إلى باحثين رئيسين آخرين عند تقدُّمه للحصول على وظيفة محتمَلة. فمن الطبيعي أن يرغب هؤلاء الباحثون في معرفة أسباب عدم توفيقك في الوظيفة السابقة، ولكنهم لا يريدون إقحامهم في الأحداث الدرامية التي وقعت. ولذا.. فإن باحث ما بعد الدكتوراة الذي يتمكن من توضيح الأسباب التي جعلت من المختبَر السابق مكانًا غير مناسب له، بدون أي هجوم شخصي على مشرفه السابق، تكون لديه فرصة رائعة للتقدم إلى الأمام. تقول كليبنر: «لن تتعرض سمعتك للتشويه، طالما أنك لم تشوِّه سمعة شخص آخر».

تَمَكَّن هانكل من مغادرة الحياة الأكاديمية، بدون أن تلحق بسمعته ـ ولا بدرجته العلمية ـ أي أضرار. ومن خلال عمله الحالي في وظيفة المستشار المهني، يشجع هانكل غيره من العلماء على الثبات والدفاع عن أنفسهم، حتى عندما لا تميل كفة الهرم الوظيفي إلى صالحهم. ويرى هانكل أن بعض العلماء ينتهي بهم الأمر إلى قضاء سنوات عديدة في الحصول على الدكتوراة، وإجراء العديد من أبحاث ما بعد الدكتوراة، لدرجة أنهم بالكاد يملكون الوقت لتأسيس حياة مهنية لأنفسهم قبل التقاعد. يقول هانكل: «يمتلك المشرفون مفاتيح حياة الباحثين»، وذلك يعني أنه من المهم حل النزاعات والخلافات بأسرع ما يمكن، وتجنُّب إنفاق الكثير من الوقت في مختبر لن يدعم مسيرة الباحث الصغير. وعندما لا يقدِّم الباحث الرئيس الدعم والمساندة، حسبما يقول هانكل، فإن الباحثين في بداية مسارهم المهني يجب عليهم أن يضعوا مصلحتهم الوظيفية في صدارة أولوياتهم، حتى لو كان ذلك يعني إيذاء المشاعر، وإهانة الكبرياء، وتغيير مكان العمل. يقول هانكل: «من المناسب دومًا أن يكون لديك احترام لذاتك». ■

كريس وولستون كاتب حر، يعيش في بيلينجز بولاية مونتانا.



NEIL WEBB/GETTY

امتيازات الموظفين

باحثو ما بعد الدكتوراة بين المطرقة والسِّندان!

بينما تحاول المؤسسات وضع تعريف جديد لوظيفة باحث ما بعد الدكتوراة، يتكاتف الباحثون الجدد معًا لخوض معركة؛ من أجل الحصول على امتيازات وظيفية مناسبة.

هيلين شين

تُعَدّ آنا كالاشنيكوفا مثالًا في الكفاءة. تصل كالاشنيكوفا ـ وهي باحثة ما بعد الدكتوراة بجامعة كاليفورنيا في ديفيس ـ إلى مختبرها قبل الساعة الثامنة صباحًا، وهي تعلم أن عليها الانتهاء من تجاربها بحلول الساعة الخامسة وخمس وثلاثين دقيقة من مساء كل ليلة. فبعد يوم طويل تقضيه في دراسة كيفية تنظيم عمليات تحوير بروتينات الهيستون الضَّامَّة للحمض النووي، عليها أن تقود دراجتها لمدة 25 دقيقة، حتى تصل إلى دار رعاية الأطفال التي تستضيف ابنها مكسيم، والتي تغلق أبوابها في تمام الساعة السادسة مساء على وجه الدقة.

تدفع كالاشنيكوفا رسومًا إضافية، مقابل كل دقيقة تأخير عن موعد اصطحاب طفلها. وحيث إنها أم عزباء، فهي مضطرة أن تعتمد على الراتب الذي تتقاضاه من وظيفة باحث ما بعد الدكتوراة في إعالة ابنها، والإنفاق عليه، فالمجال محدود أمامها للتصرف. تنفق كالاشنيكوفا ما يقرب من نصف دخلها الشهري على رعاية ابنها، ويغطي ثلث الراتب مصروفات الإيجار والمرافق في المنزل الذي تتقاسمه مع رفيقتها في السكن. وتقول عن ذلك: «نعيش في ظل حالة من الضغوط المتواصلة، لأننا إذا تعرّضنا لأي حدث غير متوقع؛ فسوف نجد أنفسنا في مأزق كبير».

تُعتبر كالاشنيكوفا واحدة من بين كثير من باحثي ما بعد الدكتوراة المقيَّدين في نظام جامعة كاليفورنيا، ممن يأملون في إمكانية أن تتحسن أحوالهم قريبًا. فقد قطع هؤلاء الباحثون شوطًا كبيرًا في التفاوض والتباحث مع إدارة الجامعة؛ بهدف التوصل إلى صيغة جديدة للتعاقد. ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وحيث إن العقد الحالي كان مقررًا له أن ينتهي في 30 من سبتمبر الماضي، فإن النقابة العمالية التي تتولى أمور باحثي ما بعد الدكتوراة في جامعة كاليفورنيا تمارس ضغوطًا من أجل إدخال تحسينات في العديد من الجوانب، بما فيها الرواتب، والتطور المهني، وتقديم دعم لرعاية الأطفال.

تأتي هذه المفاوضات في وقت تسود فيه حالة من الاضطراب الشديد بين باحثي ما بعد الدكتوراة في شتى أرجاء العالم، حيث إن مجالات العلوم الأكاديمية تواجه زيادة كبيرة للغاية في أعداد هؤلاء الباحثين، بينما تشهد نقصًا في وظائف أعضاء هيئة التدريس المنتهية بالتثبيت الوظيفي. وعندما يجد الباحثون الذين يضعون أقدامهم على بداية الطريق أنفسهم محصورين ما بين ضَعْف الرواتب، وضآلة الامتيازات التي يحصلون عليها على مدار فترات زمنية طويلة، فإن هؤلاء الباحثين ومناصريهم في العديد من المؤسسات ـ بما فيها جامعة ميريلاند في كوليدج بارك، ومعهد هاورد هيوز الطبي في مدينة تشيفي تشيس المجاورة ـ يقاتلون الآن ـ بدرجات نجاح متفاوتة ـ من أجل الحصول على مزيد من الامتيازات، إلى جانب الحصول على مسميات وظيفية وحقوق موحدة (انظر: «باحث ما بعد الدكتوراة بأيّ مسمى وظيفي آخر»).

في هذا الصدد.. يقول كيث ميكولي، رئيس مجلس إدارة الجمعية الوطنية الأمريكية لباحثي ما بعد الدكتوراة في واشنطن، وهي منظمة غير ربحية تدافع عن حقوق باحثي ما بعد الدكتوراة منذ عام 2003 (انظر: *Nature* http://doi.org/65x، 2012): «هذه ليست بمشكلات جديدة، ولكنها ربما تكون محسوسة بدرجة أكثر حدة في هذه الأيام عن ذي قبل، حيث إنه في حين أن حدود التمويل الخاص بالمِنَح تظل منخفضة، تقوم الجامعات حاليًا بتوظيف عدد أقل من أعضاء هيئة التدريس بنظام التثبيت الوظيفي، ويظل باحثو ما بعد الدكتوراة مصدرًا وفيرًا للأيدي العاملة رخيصة التكلفة». لذلك.. تُعَدّ الأحوال الراهنة في معهد هاورد هيوز الطبي، وجامعة ميريلاند، ونظام جامعة كاليفورنيا، من بين أحدث الأمثلة على التحديات التي تواجه باحثي ما بعد الدكتوراة».

معركة من أجل الامتيازات

يضطر رؤساء المختبرات في المؤسسات الموجودة في شتى أنحاء العالم إلى توفير الدعم والرعاية لعدد ضخم من باحثي ما بعد الدكتوراة، في ظل ميزانيات بحثية محدودة تموِّلها الحكومات، بل إن هناك مؤسسات كبرى ذات تمويل خاص، قامت في الفترة الأخيرة بالحَدّ من الامتيازات الممنوحة لباحثي ما بعد الدكتوراة. فعلى سبيل المثال.. في شهر سبتمبر من عام 2014، أثار معهد هاورد هيوز الطبي غضب الكثير من باحثي ما بعد الدكتوراة، وهذا عندما أعلن المعهد أنه بدءًا من عام 2015 سوف يقلِّل بعضًا من الامتيازات طويلة المدى، الممنوحة لهؤلاء الباحثين. وفي رسالة موجهة بالبريد الإلكتروني إلى الموظفين، أوضحت إدارة المعهد أن باحثي ما بعد الدكتوراة يقضون وقتًا قصيرًا بين جَنَبَات معهد هاورد هيوز الطبي، ولذا.. فإن أولويات الامتيازات الخاصة بهم غالبًا ما تختلف عن تلك الممنوحة لموظفين آخرين.

> «نعيش في ظل حالة من الضغوط المتواصلة، لأننا إذا تعرّضنا لأي حدث غير متوقع؛ فسوف نجد أنفسنا في مأزق كبير».

أما في منشأة جانيليا للأبحاث، التابعة لمعهد هاورد هيوز الطبي في آشبورن بولاية فيرجينيا، فقد ثار باحثو ما بعد الدكتوراة على الحجج التي ساقها المعهد. وفي هذا الصدد.. يقول عالِم الأعصاب إريك يتري، الرئيس المشارك لرابطة جانيليا للعلماء الباحثين، التي تمثل باحثي ما بعد الدكتوراة وغيرهم من العلماء من أعضاء هيئة التدريس: «إن هؤلاء الأشخاص يسيطر على تفكيرهم الافتراض القائل إن وظيفة (باحث ما بعد الدكتوراة) وظيفة عابرة ومؤقتة، في حين أن الواقع يقول إن غالبية تلك الوظائف تستمر لمدة تقترب من خمس سنوات».

ومنذ بداية العام الحالي، توقَّف صرف إسهامات التقاعد التي كان يتقاضاها باحثو ما بعد الدكتوراة من معهد هاورد هيوز الطبي. وتُعَدّ تلك الإسهامات من الاستحقاقات الاعتيادية التي تُمنح لمعظم الموظفين الآخرين، وتعادل ما يصل إلى نسبة 5% من رواتبهم السنوية. إضافة إلى ذلك.. فإن الموظفين الذين تم تعيينهم بعد بداية عام 2015 لم يعودوا يتلقَّون «استحقاقات ائتمانية»، وهي بمثابة إعانة مكمِّلة للدخل، كان المعهد يمنحها في الماضي بمعدل مرتين شهريًّا، لتعويض نفقات الرعاية الصحية. وسوف يستمر صرف تلك الإعانات للموظفين الذين تم تعيينهم قبل 1 يناير 2015، ولكن سيتم تجميدها عند معدلات الصرف التي كانت في عام 2014.

في مقابل تلك التخفيضات والاقتطاعات التي طالت الامتيازات طويلة الأجل، قام معهد هاورد هيوز الطبي بإصلاح برنامج التأمين الصحي لموظفيه، مع تقديم خيارات جديدة أيسر تكلفةً لباحثي ما بعد الدكتوراة. ورغم ذلك.. وجد بعض باحثي ما بعد الدكتوراة زيادة في نفقات الرعاية الصحية الخاصة بهم في عام 2015، مقارنةً بالعام السابق. وقد امتنع كوري شريكِنْجُوست ـ مدير العمليات الإدارية في «جانيليا فارم» ـ عن الكشف عن تفاصيل معينة بشأن امتيازات الموظفين ونفقاتهم لدى مؤسسته، ولكنه أكد في رسالة بالبريد الإلكتروني أن «معهد هاورد هيوز الطبي قام باتخاذ خطوات، من شأنها التخفيف على باحثي ما بعد الدكتوراة تحديدًا، بغرض الحدّ من آثار ارتفاع نفقات الرعاية الطبية بشكل يؤثر على جميع موظفي المعهد».

أثار باحثو ما بعد الدكتوراة في جانيليا فارم بعض الاعتراضات الشفهية تجاه تلك المجموعة الكبيرة من التغييرات، التي أدّت بدورها إلى بعض التنازلات. فعلى سبيل المثال.. أضاف المعهد مبلغ 1,500 دولار أمريكي في شكل إعانة سنوية مكملة لباحثي ما بعد الدكتوراة، لاستخدامها حسب تقديرهم الخاص، ولكن المعهد ظل ثابتًا على موقفه بشأن خفض استحقاقات التقاعد، مستشهِدًا باتباع الممارسة ذاتها في أماكن أخرى. وأعلن المعهد في رسالة وَجَّهَها إلى الموظفين عن طريق البريد الإلكتروني ما يلي: «لا تسهم غالبية الجامعات والمعاهد البحثية في مستحقات التقاعد للموظفين المشاركين من باحثي ما بعد الدكتوراة، وقد اختار معهد هاورد هيوز الطبي الانضمام إلى مصاف تلك المؤسسات».

ورغم ظهور دلائل ومؤشرات على أن هناك مناخًا جديدًا غير مبشِّر لباحثي ما بعد الدكتوراة بصفة عامة، إلا أن أقرانهم في جامعة كاليفورنيا قد تغلَّبوا على التحديات الاقتصادية التي كانت سائدة في الماضي. فقد قاموا بتشكيل نقابة لهم في عام 2008، وقاموا بتأمين عقودهم الأولى مع الجامعة في عام 2010، وحدث ذلك كله في خضم الأزمة المالية التي تعرضت لها البلاد في تلك الفترة.

من بين أوجه التقدم الأخرى، أتاح الاتفاق المبدئي ـ الذي تم إبرامه لمدة خمس سنوات ـ زيادات في الرواتب وإسهامات التقاعد، وضمان إتاحة الوقت للحصول على إجازات لأسباب شخصية، أو طبية. وفي هذا الصدد.. تقول أنكي شينينك، رئيسة الشركة المحلية التابعة لنقابة عمال صناعة السيارات، التي تمثل ما يقرب من 6,000 باحث من باحثي ما بعد الدكتوراة المسجَّلين في نظام جامعة كاليفورنيا: «بالطبع هناك مجال رحب للتحسين والتطوير». وقد حققت النقابة بالفعل قَدْرًا من التقدم في الجولة الثانية التي خاضتها، حيث وصلت إلى اتفاق تمهيدي مع الجامعة في السادس من أغسطس الماضي، يقضي بضمان حق باحثي ما بعد الدكتوراة في متابعة أنشطة الإرشاد والتطوير المهني، مقابل أجر مدفوع.

ونظرًا إلى ندرة الوظائف المنتهية بالتثبيت الوظيفي، فإن الخطوة التالية التي ينبغي على كثير من باحثي ما بعد الدكتوراة اتخاذها ربما تتضمن خروجهم من الحياة الأكاديمية. تقول جيسيكا لاو، باحثة ما بعد الدكتوراة بجامعة كاليفورنيا في سان فرنسيسكو، وعضو في جماعة «بوست دوك فاليو» P(ostdoc)-Value، وهي جماعة ذات قاعدة شعبية تناصر باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة كاليفورنيا في سان فرنسيسكو: «من الناحية الإحصائية،


KATHERINE LABBE

عالمة الأحياء الجزيئية آنا كالاشنيكوفا تصطحب طفلها الصغير في جولة للاستمتاع بالهواء الطلق، بعيدًا عن جو المختبر.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مسائل الهوية

باحث ما بعد الدكتوراة بأيّ مسمى وظيفي آخر

ما المقصود بباحث ما بعد الدكتوراة؟ في المجال الأكاديمي، يمكن أن يؤدي غياب تعريف معياري لهذا المسمى إلى خَلْق عدد كبير من المشكلات للباحثين. يُصنَّف بعض باحثي ما بعد الدكتوراة ضمن فئة الموظفين الجامعيين المؤهَّلين للحصول على الامتيازات المعتادة، مثل الرعاية الصحية، ودعم رعاية الأطفال، وإسهامات التقاعد. وفي الوقت ذاته، يُدرج كثير منهم أيضًا في خليط من فئات المتدربين، أو الموظفين المؤقتين غير المؤهلين؛ للحصول على جميع الامتيازات التي يتمتع بها طلاب الدراسات العليا، وأعضاء هيئة التدريس، والموظفون. وغالبًا ما يفتقر هؤلاء الباحثون الذين ليس لهم صفة وظيفية واضحة إلى مكاتب إدارية مخصصة لضمان تطوُّرهم المهني، كما يفتقرون إلى حُسن المعاملة، والأمان الوظيفي.

إنّ توحيد المعايير لوظيفة باحث ما بعد الدكتوراة ليس بالأمر البسيط، خاصة عندما تجلب تلك الوظيفة نفقات إضافية زائدة على المؤسسات، وعلى الباحثين الأفراد الذين يقومون بتوظيف هؤلاء الباحثين.

وفي وقت سابق من هذا العام، أوقعت إدارة جامعة ميريلاند في كوليدج بارك نفسها في خلاف مع أساتذة تخصُّص علوم الحياة، عندما حاولت الإدارة إلغاء إحدى فئتي التوظيف لباحثي ما بعد الدكتوراة. وكانت تلك الفئة المعطلة حاليًّا بمثابة وظيفة تعاقدية تحت مسمى جامعي تتضمن عددًا قليلًا من الامتيازات، مما جعلها خيارًا أقل كلفة للباحثين الرئيسيين. وتندرج نسبة 15% فقط من باحثي ما بعد الدكتوراة في جامعة ميريلاند تحت هذه الفئة، ولكنها كانت تُستخدم في المعتاد في توظيف باحثي ما بعد الدكتوراة في تخصص الطب الحيوي. وفي هذا الصدد، يقول جوناثان دينمان، رئيس قسم الأحياء الخلوية والوراثة الجزيئية بجامعة ميريلاند: «كانت هناك استجابة من جانب كثير من أعضاء هيئة التدريس المتخصصين في علوم الحياة لما قامت به معاهد الصحة الوطنية، ومؤسسة العلوم الوطنية، مِن خَفْض للميزانية. لقد كانوا مقتصدين إلى درجة التقشف».

أما الفئة الأخرى، وهي وظيفة عضو هيئة التدريس غير المنتهية بالتثبيت الوظيفي، فقد أتاحت لباحثي ما بعد الدكتوراة الامتيازات الصحية والتقاعدية المعتادة، إلى جانب إمكانية الحصول على إجازة مرضية مدفوعة الأجر، والإعفاء من رسوم الدراسة للموظفين وأفراد أُسَرهم، بتكلفة لا يستطيع كثير من رؤساء المختبرات الطبية الحيوية الدفاع عنها وتبريرها. وفي خطاب مرسَل إلى رئيس الجامعة، أوضح أكثر من 130 عالِمًا من المتخصصين في علوم الحياة أن إجبارهم على استخدام الفئة الأخيرة سوف يضيف نفقات، لا يمكن تبريرها أمام الوكالات الحكومية المانحة، كما سيؤدي إلى خفض أعداد العاملين، وانخفاض معدلات الإنتاجية، وصولًا إلى ما يُعرف بـ«دوامة الموت».

هناك علماء آخرون ـ مِن بينهم عالِم الفَلَك بجامعة ميريلاند، مارك باوند ـ طرحوا حججًا وآراء تصبّ في مصلحة التوسع في منح الامتيازات. يقول باوند، الذي يُعَدّ من كبار العلماء الباحثين: «أرى أن باحثي ما بعد الدكتوراة يمثلون نوعًا من الأغلبية الصامتة داخل الجامعة؛ فهم يأتون إلى العمل في الجامعة لِمُدَد ربما تتراوح بين ثلاث سنوات، وست سنوات، ثم يواصلون رحلتهم إلى أماكن أخرى. وفي حقيقة الأمر، لا تجد مِن بينهم مطلقًا مَن يدافع عن حقوقهم».

في نهاية الأمر، وضعت الإدارة مخططًا جديدًا للتصنيف، بدأ في الأول من يوليو الماضي، وهو نظام يضمن لجميع باحثي ما بعد الدكتوراة بعض الامتيازات، ولكنه في الوقت ذاته يمنح رؤساء المختبرات إمكانية تقديم عروض، تتضمن حزمة أصغر من الامتيازات للباحثين الأقل خبرة عند بدء العمل. أما «الباحثون المشاركون من حملة الدكتوراة»، فسوف يحصلون على حزمة الامتيازات الكاملة التي كانت تقدَّم في السابق لمعظم باحثي ما بعد الدكتوراة، وكذلك سوف يحصل «باحثو ما بعد الدكتوراة» على الامتيازات نفسها، باستثناء الإعفاء من رسوم الدراسة، الذي يراه مشرفو المختبرات بمثابة بند الإنفاق الأعلى قيمةً، والأقل قابلية للتوقع.

يمكن توظيف باحثي ما بعد الدكتوراة بشكل مباشر في فئة الباحثين المشاركين، ويمكن لرؤساء المختبرات أيضًا توظيف باحثي ما بعد الدكتوراة المبتدئين على درجة «باحث». ومع ذلك.. مِن الواجب ترقية هؤلاء الباحثين بعد مرور ثلاث سنوات إلى درجة «باحثين مشاركين»، إذا رغب مشرفوهم في تجديد عقودهم. وبعد قضاء مدة إجمالية قدرها ست سنوات من العمل في أيّ من الفئتين، يجب أن تتم ترقية باحثي ما بعد الدكتوراة إلى درجة «علماء باحثين». يقول دينمان، وهو أحد الموقّعين على الخطاب السالف ذكره: «ما زال الأمر بمثابة توصية، وأمامنا الآن ثلاث سنوات لتوفيق الأوضاع، وتقرير أسلوب التطبيق. لقد أدّى ذلك إلى زيادة تكلفة أداء الأعمال بلا ريب، ولكن في النهاية أعتقد أن ما حدث كان هو الصواب». **هيلين شين**

ليس في مصلحة أي باحث فرد من باحثي ما بعد الدكتوراة أن يركز بشكل كلي على مسار مهني واحد. فإذا ناقشنا هذا الأمر ببساطة؛ لوجدنا في الأساس أن وظيفة باحث ما بعد الدكتوراة هي وظيفة تدريبية، وأنه من المهم أن نركز على التطور المهني». وتقود لاو جهود المجموعة، للترويج للخدمات المهنية والبرامج الرائدة التي تقدمها جامعة كاليفورنيا في سان فرنسيسكو لباحثي ما بعد الدكتوراة، بغرض القيام بجولات تتضمن شركات التكنولوجيا الحيوية، من أجل الحصول على خبرات عملية في المهن غير الأكاديمية الأخرى.

شؤون أسرية

تُعَدّ رعاية الأطفال والأسرة من ضمن الأولويات الأخرى، ويُعتبر كثير من طلاب الدراسات العليا عبر مقارّ الحرم الجامعي العَشرة، التي يضمها نظام الجامعة من المستحقين بالفعل لتَلَقِّي دعم مالي، لتغطية نفقات رعاية الأطفال، يصل إلى 900 دولار أمريكي على أساس ربع سنوي، أو 1,350 دولارًا أمريكيًّا لكل فصل دراسي مدته أربعة أشهر، لكن باحثي ما بعد الدكتوراة لا يحظون بمثل تلك الامتيازات.

مِن بين القضايا المطروحة على مائدة التفاوض أيضًا مسألة الرواتب، وهي من القضايا الخلافية بشكل دائم. فبالنسبة إلى باحثي ما بعد الدكتوراة في جامعة كاليفورنيا، كما هو الحال مع كثير من أقرانهم في الولايات المتحدة، ترتبط الحدود الدنيا للرواتب بالمبادئ التوجيهية المنشورة من قِبَل معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، لكن الرواتب التي تكون متساوية في القيمة ربما تؤدي إلى وجود فَرْق شاسع ما بين مستويات المعيشة، وذلك بناء على محل إقامة الباحث. تقول شينْك في هذا الصدد: «تتميز كاليفورنيا بغلاء الأسعار، وارتفاع تكاليف المعيشة، إذا ما قورنت بغيرها من الأماكن عبر أنحاء البلاد. ونحن نرى أنه ينبغي أن يحصل باحثو ما بعد الدكتوراة على تعويض عادل ومناسب».

وقد اتضح أن التكلفة الكبيرة للمعيشة في كاليفورنيا تمثل ـ بصفة خاصة ـ تحديًا للباحثة آبي كروكين، وهي إحدى باحثات ما بعد الدكتوراة في جامعة كاليفورنيا بمدينة بيركلي، حيث تنفق كروكين حاليًّا أكثر من 60% من راتبها الصافي شهريًّا على السكن، مقارنةً بنسبة 30% كانت تدفعها عندما كانت لا تزال طالبة دراسات عليا في كلية الطب بجامعة ويسكونسن في ميلووكي.

كانت كروكين قد درست بعناية أسعار المساكن ونفقات المعيشة، قبل أن تنضم إلى باحثي جامعة كاليفورنيا في بيركلي في يناير 2014، لدراسة حالات العدوى البكتيرية للعين. ورغم أنها اعتقدت أنها كانت مستعدة لتلك الخطوة، لم تتمكن كروكين من التنبؤ بأن زوجها الذي انتقل معها لن يتمكن من العثور على وظيفة لمدة تقترب من 11 شهرًا. وما بين ارتفاع تكاليف المعيشة في بيركلي، والْتِزامات الزوجين بالقروض الطلابية التي حصلا عليها، سرعان ما استنفدا مدخراتهما، وصار لزامًا عليهما اقتراض المال من والديهما؛ للموازنة ما بين الدخل والمصروفات. تقول كروكين في هذا الشأن: «بدا الأمر كما لو كنتُ قد ارتكبت خطأً ماليًّا فادحًا في محاولة تطوير مساري المهني». وللمرة الأولى بعد التركيز بشكل حصري على مسار مهني في مجال البحث الأكاديمي، بدأت كروكين تفكر في العمل في وظيفة في المجال الصناعي، وكذلك فكّرَت في الانتقال والعودة مرة ثانية إلى ويسكونسن، لكن الأمور بدأت تأخذ منحى مختلفًا في ديسمبر الماضي، عندما عثر زوج كروكين على وظيفة كاتب تقني. ومن خلال اتباع ميزانية مُحْكَمة، اقترب الزوجان الآن من استعادة مدخراتهما السابقة. تقول كروكين إن مشرفها قد منحها التشجيع الذي كانت تحتاجه بشدة للاستمرار في سعيها نحو العمل في وظيفة أكاديمية. وعلى الرغم من تحسُّن نظرتها إلى الأمور، تقول كروكين إن فترة الثمانية عشر شهرًا الماضية قد أكدت تحديدًا مدى أهمية التعويض الكافي؛ لمواصلة تطورها المهني، حيث تضيف: «أريد حقًّا أن أكون أستاذة جامعية، فإنا أحب البحث، بل وأحب كتابة طلبات تمويل المِنَح، ولا أريد أن أُضطر إلى ترك هذا المسار المهني، لمجرد أني لا أستطيع تحمُّل نفقاته». ■

هيلين شين كاتبة مستقلة، تعيش في سانيفيل بولاية كاليفورنيا.



CLAIRE WELSH/NATURE

كتابة إبداعية

عالَم من الخيال المحض

إن العملية الإبداعية في كتابة أدب قصصي مستوحى من العلم يمكن أن تكون مجزية. وهذا المجال غير المطروق سابقًا غَنِيٌّ بفرص كثيرة للابتكار.

روبرتا كوك

عندما كان ستيف كابلان طالبًا في الدراسات العليا في أواخر التسعينات، حَدَثَ أن استنشق بالصدفة مادة كيميائية سامة في مختبَر المناعة الذي يعمل فيه، واقتضى ذلك أن يَقضي عشرة أيام ملازمًا بيته، حتى يشفى. ومع محدودية المجال للقيام بأي نشاط ما، بدأ في كتابة رواية، فقد أحب القراءة، وأصدر عددًا من القصص القصيرة، ولكنْ لم تكن لديه فسحة من الوقت أو الصفاء الذهني لإنتاج عمل أطول. قام بتدوين سريع لمسودة عن قصة كفاح أحد العلماء للاحتفاظ بوظيفته، وللتعايش مع ذكريات طفولته مع أحد والديه الذي كان مصابًا بمرض الاضطراب الوجداني ثنائي القطب.

بعد عودة كابلان إلى عمله ـ وهو الآن متخصص في علم الأحياء الخلوي بالمركز الطبي بجامعة نبراسكا بولاية أوماها ـ قضى شهورًا في مراجعة مسودة الرواية كل ليلة، وكذلك في عطلات نهاية الأسبوع. وكانت محاولاته الأولى لكي يبيع الرواية لأحد الناشرين قد باءت بالفشل، ولكن في عام 2009، قرر كابلان اتباع طريق النشر الذاتي. وأنتج كابلان روايته في نُسَخ ورقية وإلكترونية، وذلك باستخدام خدمات موقع «أمازون»، وهي «كريت سبيس» CreatSpace، و«كيندل دايركت بابلشنج» Kindle Direct Publishing. كما أجرى الدعاية والترويج لعمله عن طريق جلسات قراءة لروايته، عقدها في محلات الكتب والمكتبات. وتعاوَن مع مكتب العلاقات العامة بجامعته؛ لإصدار بيان صحفي، وعرض جزءًا مختارًا من الكتاب على شريحة عرض في نهاية حلقاته الدراسية. إن روايته المسمَّاة «مقارنة المادة والعقل» *Matter Over Mind* (ستيف كابلان، 2010) باعت أكثر من 2,000 نسخة حتى الآن، بأرباح تُقدر بحوالي 7,000 دولار أمريكي. ومنذ ذلك الحين، كَتَب كابلان روايتين إضافيتين، ونشرهما في مطابع صغيرة، وهو يعمل الآن على كتابة روايته الرابعة.

هناك مِن العلماء مَن يمضون أوقاتهم في إنتاج أوراق بحثية ومقترحات مِنَح، وتبدو لهم الكتابة الأدبية أبعد شيء يريدون عمله. وهناك باحثون محبون للأدب القصصي، قد خصصوا بعضًا من أوقاتهم في إتقان كتابة الأدب، وقد وجدوا أنه أمر ابداعي رائع وممجز. فالعلم يحمل الكثير من الموضوعات الثرية للكتابة، سواءً أكانت دراما السبات الشتوي بأحد مراكز الأبحاث القطبية، أم موضوع إثارة مستقبلية حول الهندسة الوراثية للكائنات الحية. «إنك تجلس على منجم ذهب من القصص المثيرة»، حسب تعبير جينيفر رون، المتخصصة في علم الأحياء الخلوي بكلية لندن الجامعية، ومؤسِّسة موقع LabLit.com، وهو موقع إلكتروني معنِيّ بصورة البحث العلمي في الأدب ووسائل الإعلام الأخرى.

مجال مُغْرٍ

إذا أُجرِيَت كتابة الأدب القصصي المستوحى من العلم بصورة مناسبة، سيمكنها المساعدة على تعريف الجمهور بسير عمليات العلم، وإضفاء النزعة الانسانية على الباحثين، وإلهام القراء بالتعرف على موضوعات قد يتغاضون عنها بدون قراءة. فهذه الأوصاف حول العلم في مجال الخيال، التي تأخذ في الاعتبار تلك الفروق التقنية الدقيقة، تُعتبر نادرة نسبيًّا. وقد أجرى موقع LabLit.com فهرسة لقائمة من الأمثلة لحوالي 200 رواية، مثل رواية «سلوك الطيران» *Flight Behavior* لباربارا كينجسولفر (دار نشر هاربر كولينز، 2012)، ورواية «الطاقة الشمسية» *Solar* لإيان ماكوانز (دار نشر راندوم هاوس، 2010)، حيث تُظهِر الروايات علماء

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

واقعيين أبطالًا لتلك الروايات. فالقصص التي تتناول حياة العلماء هي أقل بكثير من تلك التي تتحدث عن الأطباء والفنانين مثلًا. وحتى أدب قصص الخيال العلمي يفتقد إلى تصوير العملية الفعلية للعلم، حسب قول ألاستير رينولدز، وهو مؤلف قصص خيال علمي، يعيش بالقرب من كارديف بالمملكة المتحدة، وترك مهنته في مجال الفلك؛ ليتفرغ للكتابة.

إن نقص الأعمال التي تصف بدقة مجال العلم معناه أن الباحثين الذين يكتبون في مجال الأدب القصصي لديهم فرصة جيدة للابتكار، وهي مهمة تثير التحدي لكاتب طموح في موضوعات الجريمة، أو الروايات العاطفية. «إنها أرض لم تُطأ من قبل»، حسب تعبير رون. فهناك باحثون كثيرون لديهم دراية بمواقع العمل الميداني، وأوضاعه غير المألوفة، وهي دراية قد لا تتوفر لكُتّاب آخرين. وفي روايتها «السماء المتداعية» *Falling Sky* (دار نشر فريت بوكس، 2013)، تكتب بيبا جولدشميت ـ عالمة الفلك التي تحولت إلى كتابة الأدب القصصي في إدنبرة بالمملكة المتحدة ـ عن عالِم فلك شاب، تجوَّل داخل قبة تليسكوب أعلى قمة جبل في شيلي، وكاد يُصاب عندما بدأ المشغِّل في تحريك الجهاز.

إن مصادر الإلهام لخلق حبكة درامية موجودة بغزارة في مجال العلم، حيث يقوم رينولدز بقراءة نهمة لأخبار الأبحاث والأوراق البحثية؛ لإيجاد عناصر مثيرة يمكن استثمارها في الأدب القصصي. وذات مرة، قرأ دراسة عن أسراب هائلة لطائر الزرزور، استخدم فيها الباحثون معدات عالية التقنية؛ لتتبُّع الطيور المنفردة، ثم أدمج هذه الفكرة في قصة خيال علمي، ولكنه حوَّل التكنولوجيا الخيالية إلى صورة متقدمة، لدرجة أنها تستطيع تتبُّع حركات عيون هذه الطيور.

يمكن للعلماء أيضًا استلهام الأفكار من الماضي. فقد وجدت جولدشميت مصدر إلهام في حكاية طريفة عن الفيزيائي روبرت أوبنهايمر.. فخلال فترة تعيسة في عشرينات القرن الماضي، عندما كان يدرس في الخارج، ترك أوبنهايمر تفاحة مسمومة للمشرف عليه. إن تفاصيل القصة غير مكتملة، لكن جولدشميت أطلقت لخيالها العنان؛ لمعرفة ما الذي يمكن أن يكون قد حدث بعد ذلك. تقول جولد شميت: «لا توجد أبدًا شخصية تاريخية يُمكن فهمها بالكامل. فهناك دائمًا فجوات في حياتهم، يمكن أن يملأها الخيال القصصي الأدبي». وكانت النتيجة هي قصة قصيرة بعنوان «معادلة التفاحة»، وهي تُعتبر تقريرًا حياتيًّا مُتخيلًا عن حياة أوبنهايمر، التي أدت إلى قيامه بهذا الفعل.

إن العلماء الذين يمارسون الكتابة يمكنهم أيضًا توليد أفكار عن طريق عمل أشياء اعتادوا القيام بها في حياتهم، مثل الاسترخاء، وتخيُّل سيناريوهات، حسبما ينوِّه آندي وير، الروائي الذي يقطن في ماونتن فيو بكاليفورنيا. إن روايته «ساكن المريخ» *The Martian* (دار نشر كراون، 2014) تستكشف ما يمكن أن يحدث إذا انحرفت عن مسارها مهمة مجهَّزة بطاقم عمل، ومتوجهة إلى المريخ، وخلّفت وراءها أحد أعضائها على الكوكب الأحمر. وتتابع القصة المحاولات الفردية لرائد الفضاء وهو يحاول إنتاج طعام يكفيه، وكذلك محاولة اتصاله بكوكب الأرض.

يمكن لدورات الكتابة الأدبية المتاحة ضمن برامج تعليم البالغين، أو في مراكز الكتابة الإبداعية، أن تساعد المؤلفين على تحويل ما لديهم من فكرة إلى نص مكتوب. وهذه الدورات تقدم إرشادات أساسية، مثل كيفية بناء شخصيات قوية وجذابة للقارئ، وكيفية بناء مواقف التوتر، والتعامل مع التحول الزمني من الماضي إلى الحاضر. ويقدم المشاركون عادة نقدًا لمسودات كتابات بعضهم البعض، مما يعطي فرصة للعلماء للحصول على آراء من قراء من خارج المجال التقني.

القراءة النقدية تساعد على ذلك.. فقد تعلَّم رينولدز كتابة الأدب القصصي، عن طريق دراسته للفروق بين طريقة كتابته، وطريقة كتابة مؤلفين ناجحين. ولكي يفهم كيفية التحول بين وجهات النظر المختلفة للشخصيات، قرأ رينولدز رواية الجريمة «أسرار لوس أنجليس» *L.A. Confidential* لجيمس إلروي (دار نشر مستيريوس برس، 1990). وقال إنّ الكُتّاب يستطيعون تعلُّم كيفية بناء حوار من المعلمين الأوائل، مثل جين أوستن.

فصل افتتاحي

تُعتبر القصص القصيرة بداية جيدة، لأن المبتدئين يمكنهم تطبيق الأساسيات بسرعة، واستكشاف أفكار للقصة، وكذلك التعلم من أخطائهم، لكن جولدشميت تقول: «لا معنى لكتابة القصص القصيرة، طالما أنك لا تحب قراءتها». وبالنسبة إلى العلماء الذين يحتاجون إلى تحفيز؛ لإكمال عمل أطول، يمكنهم المشاركة في «الشهر القومي لكتابة الرواية»، وهو برنامج دولي، يُعقد في شهر نوفمبر من كل عام؛ لتشجيع الكُتّاب من جميع المستويات على إنتاج عمل يحوي 50 ألف كلمة (انظر: nanowrimo.org). ويستطيع الباحثون أيضًا إيجاد الدعم، عن طريق التعاون مع كُتّاب محترفين في كتابة الروايات (انظر: «لقاء العقول»).

يجب على الكُتّاب الباحثين أن يتذكروا أن التعليم ليس هو الغرض الأساسي من كتابة الأدب القصصي. فتضمين التفاصيل الفنية يجب أن يتم فقط إذا احتاج القارئ لها، كي يفهم القصة، وليس لأن المؤلف يرى أنها مُبْهِرة. فعلى سبيل المثال.. أطال وير في رواية «ساكن المريخ» في سرد تفاصيل روايته؛ لضمان الدقة، حتى إنه أجرى حسابات لحركة المدارات، ولكنه أغفل توضيح كيف حصل على أرقام معينة، مثل الكتلة التي يجب التخلص منها؛ لكي تصل سفينة الفضاء إلى سرعة الإفلات من الجاذبية.

عندما تكون المعلومات الفنية ضرورية، يجب على الكُتّاب محاولة تقديمها بطريقة تبدو طبيعية. تقول جولدشميت في هذا الصدد: «إن الناس لا يخبرون بعضهم البعض بمعلومات حول فيزياء الجسيمات عندما يتناولون الإفطار معًا». وبدلًا من ذلك.. فهي تحاول أن تجعل العلم جزءًا طبيعيًّا من الرحلة الشخصية لأفراد الرواية. ففي قصة أوبنهايمر، على سبيل المثال، يفكر الفيزيائي في التجربة التي يحاول تكرارها، ولكن تفاصيل القصة منسوجة على اضطرابه النفسي الناتج عن إخفاقه في إكمالها.

يمكن أن يساعد حِسّ الفكاهة أيضًا على تخفيف حدة اللغة العلمية. فالشخصية الرئيسة في رواية «ساكن المريخ» تتمثل في شخص لطيف وذكي، تقوم فكاهته بكسر حِدّة النص المستفيض في الشرح، حيث إنه في أحد أجزاء الرواية، يقول البطل إنه إذا ما تعرَّض لإشعاعات شمسية مدمرة؛ فإنه «سيصاب بالسرطان، بل وسيصاب سرطانه بسرطان أيضًا».



أشّش را بيج دار نشر «كوما برس».

الطريق الى دور النشر

إن كثيرًا من منافذ النشر تقبل القصص القصيرة المُقدَّمة إليها. فموقع LabLit.com غالبًا ما ينشر الأدب الذي يكتبه العلماء، بالرغم من أنه لا يعطيهم مقابلًا ماديًّا، لأنه مجهود تطوعي. كما تنشر دورية *Nature* كل أسبوع قصة خيال علمي، تتراوح بين 850 كلمة، و950 كلمة (انظر: nature.com/futures). ويقدم الموقع الإلكتروني Duotrope.com كذلك قاعدة بيانات قابلة للبحث في الصحف الأدبية، وغيرها من أسواق الأدب القصصي حول العالم، ويمكن للكتاب البحث في مِنَصّات الصحف عن دوريّات خيال علمي، مثل دورية «بين الخيال العلمي والواقع» *Analog Science Fiction and Fact*.

«يُتاح للعلماء فرصة للوصول إلى شريحة القراء الذين قد لا يقرأون الكتب العلمية التي لا تحوي أدبًا، ولا يزورون متحفًا».

وبالنسبة إلى الأعمال الأدبية الطويلة، فإن اللجوء إلى دور النشر الصغرى يُعتبر خيارًا أكثر واقعية من المطابع الكبرى، والكثير منها لا يحتاج وكلاء عن الكُتّاب. فقد قامت تسنيم زهرا حسين ـ العالمة في الفيزياء النظرية والكاتبة القاطنة في كمبريدج بولاية ماساتشوستس ـ بكتابة رواية، لإعادة النظر في الاختراعات والإنجازات في مجال الفيزياء على مر التاريخ، وذلك من خلال وجهات النظر المختلفة لشخصيات الرواية. ومن خلال معارفها، تواصلت تسنيم مع دار النشر «بول دراي بوكس» بفيلادلفيا بولاية بنسلفانيا، وهي الدار التي أصدرت كتابها في العام الماضي بعنوان «الخيوط الأطول فحسب» *Only the Longest Threads*.

وللوصول إلى دور النشر الصغيرة، يمكن للعلماء البحث عن شركات أصدرت كتبًا مشابهة من قبل. وكَحَلٍّ بديل، يمكن للمؤلفين اتباع طريقة النشر الذاتي، وذلك باستخدام مواقع خدمة إلكترونية، مثل «لولو» Lulu.

هناك دوريات أدبية كثيرة لا تعطي مقابلًا ماديًّا على الإطلاق. ويقدِّر رينولدز أنه جَنَى من دوريات الخيال العلمي مبلغًا متوسطًا (200-300 دولار أمريكي فحسب للقصة الواحدة)، لكن الاتصالات والمعارف التي كَوَّنها رينولدز من خلال نشر القصص القصيرة قادته إلى عقد اتفاق حول نشر كتبه. وقد نَشَر أربع روايات عندما كان يعمل في وظيفة عالِم فلك. وحين استقال من عمله في مجال العلم، وأصبح كاتبًا متفرغًا، بلغ حجم مبيعات كتبه حوالي 60 - 75 ألف دولار سنويًّا.

توازُن معادلة الكتابة

قليل من العلماء الذين يتوقعون أن يكون مصدر الإنفاق على معيشتهم ـ أو كسب المال الإضافي ـ هو بيع منتجاتهم الأدبية، ولكن عادةً لا يكون المال هو الحافز الأساسي. ◀

SARAH EYRE

رأي مهني

لقاء العقول

إن العلماء الذين يشعرون بقَدْر من الرهبة أو الانشغال لدرجة لا تمكِّنهم من كتابة الأدب القصصي، بوسعهم المشاركة كفريق مع كُتّاب محترفين. فعلى سبيل المثال.. قامت دار نشر «كوما برس» في مانشستر بالمملكة المتحدة بنشر أربعة مختارات أدبية قصيرة ـ والخامسة كان موعد صدورها في أكتوبر الماضي ـ كجزء من سلسلتها المسماة «بين العلم والأدب». وبغرض بداية عملية الإلهام، فإن كل عالِم يقترح بعض الموضوعات البحثية، أو التقنية الناشئة، ثم يختار كل أديب أحدها، ليحوّله إلى قطعة أدبية. ثم يقدم الباحثون الإرشاد الفني، ويراجعون مسودات الأعمال، ويكتبون خاتمة توضِّح المعلومات العلمية بالتفصيل.

تلك المشاركة عملٌ مُرْضٍ، لأن العلماء يرون عملهم مصوَّرًا في سياق عالَم حقيقي، كما أن الأدباء بوسعهم الحديث عن تَبِعات اجتماعية أو أخلاقية، قد لا يأخذها الباحث في الاعتبار، حسب قول را بيج، مؤسِّس دار نشر «كوما برس». وعلى سبيل المثال.. درَس أحد العلماء إمكانية أن تحسِّن التكنولوجيا النانوية من الدروع الجسدية التي قد تكون ذات فوائد في التطبيقات العسكرية، حيث ألَّفَ الكاتب رواية بعنوان «دون دِرْع حامٍ»، تحكي عن مجتمع مستقبلي، يمتلك فيه الطلبة المنتسبون إلى مدرسة نخبوية زِيًّا موحدًا ذكيًّا؛ يقوم بمعالجة جروحهم، بينما لا يحظى الأطفال في مدرسة فقيرة بمثل هذه الميزة. وقد قامت دار نشر «كوما برس» بتضمين هذا العمل في مجموعة مختارات أدبية في عام 2009، تحت عنوان «عند التحول» *When It Changed*. وسوف تركِّز مجموعة المختارات الأدبية التالية على تقنيات التصنيع، كالطابعات ثلاثية الأبعاد. ويجب على العلماء المهتمين بذلك.. التواصل مع را بيج ـ مؤسِّس الدار ـ للمشاركة.

كما يستطيع العلماء الإجابة على تساؤلات الكتاب الروائيين، من خلال مِنَصّة تبادل العلم والترفيه، التي تديرها الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم بواشنطن. وعلى سبيل المثال.. قد يكون الروائي بحاجة إلى معرفة نوع الأجهزة التي يحملها معه الباحث في مجاله. وبإمكان العلماء الراغبين في التطوع الاتصال على الرقم المجاني 844-NEEDSCI في الولايات المتحدة (وهي خدمة مجانية داخل الولايات المتحدة). وللتطوع.. انظر: (go.nature.com/e6juh9).

يمكن للعلماء أيضًا المشاركة في فِرَق عمل مع أعضاء جامعاتهم، عن طريق أقسام الكتابة الإبداعية، كما يقترح بيج. هذا.. ولا يحتاج المؤلفون إلى خبرات في الكتابة العلمية، ولكن ربما يكون من المفيد أن يكونوا قد فُوِّضُوا للكتابة عن موضوعات محددة سابقًا. وينصح بيج بأنك حين تتعاون مع كاتب ما أنْ «تَدَعَه يطرح اقتراحاته، حتى لو اعتبرتها سخيفة».. فهناك أفكار قد تبدو مستحيلة في بداية الأمر، ولكنْ يمكن أن نراها معقولة ومنطقية، بعد إمعان التفكير فيها. **روبرتا كوك**

◀ فمن ناحيته، أراد كابلان جذب الانتباه للتحديات التي يواجهها أفراد أُسَر المصابين بمرض الاضطراب الوجداني ثنائي القطب (وهي التحديات نفسها التي واجهها هو بنفسه)، وفي الوقت نفسه توفير عمل أدبي شيق للعلماء. وهو يجد أيضًا أن كتابة الأدب القصصي تصفي ذهنه بالطريقة نفسها التي يشعر بها الآخرون حين يمارسون الرياضة (انظر: *Nature* **523**, 117-119; 2015). «إنه شكل من أشكال التأمل.. يجعلني في حالة ذهنية سليمة»، حسب تعبير كابلان. وهناك مردودات إيجابية أخرى، حيث تُتاح للعلماء فرصة للوصول إلى شريحة القراء الذين قد لا يقرأون الكتب العلمية التي لا تحوي أدبًا، ولا يزورون متحفًا للتاريخ الطبيعي، ولكن قد يقرأون قصة حب لعالِم في مجال البيئة، تَحْدُث له مواقف في مواقع عمل مُبْهِرة وغريبة. وقد يؤدي ذلك إلى إلهام القراء للنظر بتقدير إلى مجال العلم، فور انتهائهم من قراءة تلك القصص.

يمكن أن يُوجد تأثير مزدوج لهذا النوع من التدريب. فـ«رون» تعتقد أن إنتاجها من الأدب القصصي قد ساعدها في الحصول على مِنَح أكثر، حيث عَلَّق المراجعون على الطلبات التي قدّمتها بأنها مكتوبة بطريقة جميلة. كما أن حرفيّة سرد القصص تنطبق أيضًا على الأوراق العلمية، فعلى سبيل المثال.. قامت بتنسيق عرض الظاهرة التي لاحظها فريقها، ووضْع الأسئلة التي أثارتها، وما الذي قاموا به للإجابة على تلك الأسئلة. وتقول: «الجميع يريدون سماع قصة».

إن إيجاد وقت مخصص للكتابة يُعتبر تحديًا.. فبعض العلماء يحاولون إيجاد وقت لها خلال كل ليلة عمل، أو في عطلات نهاية الأسبوع. فقد ألَّفَت تسنيم حسين روايتها حين كانت تعمل في وظيفة بنصف دوام، وتقول إنها ما كانت لتؤلِّفها، لو كانت تعمل بوظيفة ذات دوام كامل، لأن الرواية تطلَّبت بحثًا تاريخيًّا مكثفًا.

يخاطر العلماء المؤلفون أيضًا بأن يُنظر إلى أعمالهم الأدبية على أنها تشتيت من جانب اللجان الدعائية. فقد خشيت تسنيم حسين من أن تؤثر روايتها على فرصها في مستقبلها المهني، ولكنها تلقَّت رد فعل إيجابيًّا على كِتابها من فيزيائيين آخرين، ومنهم باحثون بارزون، كانت قد وصفت مجالات أعمالهم في كتابها.

وبالنسبة إلى الباحثين المتعمقين في الكتابة الأدبية، فإن خَلْق عوالم وأشخاص وحكايات يمكن أن يكون له مردود مؤثر ومُجْزٍ. وتقول رون في هذا الصدد: «عندما تتدفق الكتابة، فَكأنما أَصْبَحَ المرءُ أسير أفضل كتاب قرأه طوال حياته». ■

روبرتا كوك كاتبة مستقلة، تكتب من سياتل، واشنطن.

حديث المهن

مسؤول الاتصال

DAVID CROSBY

يلقي ديفيد كروسبي الضوء على رحلته منذ حصوله على الدكتوراة ودراسات ما بعد الدكتوراة في علم الفيروسات، إلى العمل لدى شركة صناعة الدواء العالمية «بريستول-مايرز سكويب»، لتثقيف مقدمي الرعاية الصحية عن أدوية التهاب الكبد الوبائي.

ما طبيعة عمل مسؤول الاتصالات بالشركات الطبية (MSL)؟

وظيفتي أن أعمل مع الأطباء والممرضات وغيرهم، للتأكد من استخدام منتجاتنا بصورة صحيحة من قِبَل المرضى الذين يحتاجون إليها فعليًّا. لذا.. فأنا مجرد حلقة وصل؛ أحصل على المعلومات الخاصة بالأدوية من المكتب الرئيس، لأقوم بتوصيلها إلى الأطباء وغيرهم من العاملين في مجال تقديم الرعاية الصحية، ثم أستمع إلى آرائهم وملاحظاتهم، لنقلها ثانية إلى المكتب الرئيس. إن أداء مسؤول الاتصالات بالشركات الطبية، وأهدافه، ومعايير عمله ـ على عكس فريق المبيعات ـ لا ترتبط من قريب أو بعيد بالأداء التجاري للشركة، أو الحوافز التي تمنحها، أو أهدافها؛ ما يجعلني في مأمن من تضارب المصالح.

كيف وصلتَ إلى هذا المنصب؟

كنت أعلم أن هذا المنصب سيتضمن الكثير من التنقل والاتصالات العشوائية للتواصل مع الغرباء، والبحث عن الطريقة المناسبة للتحدث إليهم، وبناء علاقات مع أشخاص لم أقابلهم من قبل. لم يكن لديَّ خبرة مسبقة في ذلك؛ ولذا.. عكفت على موقع «لينكد إن» بحثًا عن آخرين يعملون في المهنة نفسها، بدءًا من المتخصصين في علم الفيروسات، والشركات التي يقع المقر الرئيس لكل منها في منطقة خليج سان فرانسيسكو بكاليفورنيا. من هنا، حاولت البحث عن أشخاص تربطني بهم أمور مشتركة، مثل المدرسة، أو منطقة السكن؛ وتواصلت معهم. وكلما فعلت ذلك؛ ازدادت ثقتي بنفسي.

هل صادفك الفشل من قبل؟

أجريت مقابلة مع إحدى الشركات، التي طلبت منِّي أن ألقي حديثًا علميًّا؛ لكني أدركت حينها أن ما يعتقده الأطباء «حديثًا علميًّا» يختلف تمامًا عما يعتقده أمثالي من ذوي الخلفية البحثية. كان فشلًا ذريعًا.. لكني تعلمت كثيرًا من كل فشل مررت به.

هل لديك نصائح تحب أن تقدمها للباحثين عن وظيفة؟

يميل كثيرون من حملة درجات ما بعد الدكتوراة إلى الاستقرار، ويعتقدون أن ما يضطلعون به من عمل «ربما ليس ما أحبه تمامًا، لكنه يعتبر على الأقل وظيفة علمية»، إلا أنه من المهم أن تُبْقِي عقلك منفتحًا حيال كيفية توظيف لما تَحْمِله من خبرات ومؤهلات؛ فقم بالتحدث مع الجميع عن طبيعة عملهم. ■

أجرت المقابلة: مونيا بيكر

تم تحرير هذه المقابلة للاختصار والتوضيح.

للمزيد.. يرجى زيارة: go.nature.com/xehv4h.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يعزِّز الجهاز العصبي ـ (فِعْل)

قاموس معاهدة المجرّة المتحدة النموذجي، الطبعة الثانية، مطبعة جامعة الكوكبة الجنوبية (11 يونيو عام 2287).

فيليسيا دافين

يعزِّز الجهاز العصبي- فِعْل.
المُدخل كامل، وجميع الاقتباسات موضحة.

الصيغ: يعزز الجهاز العصبي، يعزز عصبيًّا
أصل الكلمة: «تعزيز الجهاز العصبي» هو تحسين تكنولوجي للمخ البشري، ظهر في القرن الواحد والعشرين، وفي اليونانية القديمة (νεῦρον) بمعنى العصب (انظر: «عصب»، الكلمة في صورة مركبة) + ياء النسب. وبالفرنسية القديمة aumentacion، انظر: «يعزز الجهاز العصبي»- فعل. وقارن «تعزيز الجهاز العصبي»- اسم. وكذلك «مُعَزِّز الأعصاب» و«مُعَزَّز عصبيًّا»- صفة.

1) الترجمة: تعزيز وظائف المخ من خلال زروع ميكانيكية حيوية من أي نوع.

- في عام 2098، جريدة «نيوزلي»، عدد 3 يناير: تقترح دكتور شارما أنْ تعزز الجهاز العصبي للمدنيين، حسب تعبيرها. وبالرغم من أنها تُقِرّ بأن المحاولات السابقة لتعزيز الجهاز العصبي قد باءت بالفشل، إلا أنها تؤكد أن الطرق التي تتبعها أكثر أمنًا، وأقل تدخُّلًا مِن الطرق التي اتبعها سابقوها. وتضيف شارما: «في البداية، كنت أودّ مساعدة الناس غير القادرين على حفظ المعلومات، ولكن قد تنطوي هذه الطريقة على ما يفوق ذلك كثيرًا، فقد تساعدنا على تعلُّم لغات بعضنا البعض».
- في عام 2108، كتب جي. رودريجيز، في كتابه «الأبوة في القرن الجديد»: ازداد في الأونة الأخيرة إقبال الأغنياء والمشاهير على تعزيز جهازهم العصبي، وكذلك الجهاز العصبي لصغارهم. ولعلك تجد الصغار الذين يتمتعون بقدرات فائقة على تمييز النغمات الموسيقية واستحضار المَشَاهد منتشرين بكثرة في المناطق الحبيسة الخاضعة للتحكم المناخي، والموجودة في شمال غرب المحيط الهادئ. فقد التقيت ذات مرة بطفلة تبلغ من العمر ست سنوات، قرأتْ النسخة الأصلية من رواية «مدام بوفاري» باللغة الفرنسية، وكان تقييمها للرواية أنها «مملة». يا للغرابة مِن أنْ تبلغ من العمر ست سنوات فحسب، وتشعر بهذا القدر من الضجر.
- في عام 2132، كتب إل. جونسون، في الدورية ربع السنوية «المعلمون في أمريكا الشمالية»- (الموسم الجاف): يَجِد المدرسون الذين لا يقدرون على تحمُّل تكاليف تعزيز جهازهم العصبي صعوبة في التواصل مع جيل من الطلاب اعتاد طرق تعزيز الجهاز العصبي، كما تزايد النقاش حول مستقبل التعليم العام.
- في عام 2147، في برنامج «الأخبار الصباحية مع شيرمر»، بتاريخ 30 إبريل: رفضت السيدة ألكانترا تعزيز جهازها العصبي، متعلِّلة بأنها: «لا تثق في هذه الطريقة. كيف لك أن تعلم ماذا يضعون بداخلك؟ لا أحتاج أي شخص آخر في رأسي»، وتتزعم السيدة ألكانترا حاليًا حركة «المخ الطبيعي».

2) الترجمة: الاتصال مع فرد أو أكثر، من خلال أحد أنواع تعزيز الجهاز العصبي، مما يسمح بالتواصل العقلي الفوري. انظر: «الاتصال العصبي»- اسم.

- في عام 2120، جريدة «سيول تايمز»، بتاريخ 15 مارس: اقترح كل من دكتور بارك، ومعاونه دكتور ليري، تطوير طُرُق دكتور شارما. فيقول دكتور بارك: «إن ما فعلته كان رائعًا جدًّا، ولكن بوسعنا أن نفعل المزيد. فما الذي يجعلنا نتوقف عند تعزيز الجهاز العصبي لمخ واحد؟» ثم استطرد ليري كلامه قائلًا: «لِمَ لا نعزز الجهاز العصبي لمُخَّيْن، أو أكثر؟ تأمَّلْ القوة الحسابية التي سنحققها من خلال الاتصال العصبي».
- في عام 2158، دورية «السياسة»، كَتَب مجهول بتاريخ 9 سبتمبر: «معاهدة المجرّة المتحدة»، وهو الاسم الشامل الذي يجمع ما يزيد على 12 دولة من كوكب الأرض اتخذت قرارًا مفاجِئًا ـ إضافة إلى محطة فضائية ـ بتصميم عَلَم خاص بها. وعلى أية حال، تعتزم المعاهدة تجنيد مواطنين، من خلال تعزيز جهازهم العصبي مجانًا، في مقابل انضمامهم. ورأيي أن هذه العملية برُمَّتها مصيرها الفشل، فلن يتمكنوا من الربط إلا بين ثلاثة أشخاص، أو ربما أربعة أشخاص فحسب في الوقت نفسه، بدون إلحاق الضرر بواحد منهم.
- في عام 2163، جريدة «جالاكتيك تريتي ديلي»، بتاريخ 2 يوليو: وقعت مأساة في «جيسبيرسن»، إذ يعاني خمسة مجندين من الشباب ـ كانوا قد وافقوا على تعزيز جهازهم العصبي ـ من تمدُّد الأوعية الدموية.
- في عام 2169، جريدة «جالاكتيك تريتي ديلي»، بتاريخ 28 ديسمبر: أكّد الطبيب أن «تعزيز الجهاز العصبي لشخصين آمِن تمامًا، كما أن هناك أناسًا لديهم القدرة التي تمكِّنهم من تعزيز الجهاز العصبي لثلاثة أشخاص ـ ولا نعلم السبب إلى الآن ـ وأنا واثق من أن تعزيز أكثر من ثلاثة أشخاص أمر ممكن، ولكن سلامة المرضى الذين نعالجهم تأتي دومًا في المرتبة الأولى».
- في عام 2225، كتبت إيه. تشين في كتابها «الجنس والحب في عصر التعزيز العصبي»: قامت جورجيا، التي طلبت مني أن أغيِّر اسمها لدواعي الخصوصية، لأن والديها لا يوافقان على أسلوبها في الحياة بتعزيز الجهاز العصبي لأربعة أشخاص آخرين، تحبهم جميعًا. «لا أطيق العيش من دونهم. فذلك يؤدي إلى شعور بالوحدة الشديدة».
- في عام 2284، «مراسلات إل. مارتينز المجمَّعة»: لقد ترك لي على منضدة المطبخ خاتمًا من الألماس، مصحوبًا بورقة صغيرة، كَتَب فيها: «لقد قرأتُ أن الناس كانت تقدِّم هذه الأشياء إلى بعضها البعض في زمن تراخيص الزواج المدني، وقراءة عهود الزواج، وما إلى ذلك.. وراقت لي هذه الفكرة، فهل تَقْبلين تعزيز جهازي العصبي؟»

ILLUSTRATION BY JACEY

اشتقاقات

معزز الجهاز العصبي، تُستخدم في الغالب في صيغة: «مُعزَّز عصبيًّا»- صفة، بمعنى امتلاك تحسينات في المخ، متصلة اتصالًا وثيقًا بشخص آخر، حيث يتصلان ببعضهما البعض اتصالًا حقيقيًّا، أو مجازيًّا، عبر التعزيز العصبي.

- في عام 2150، كَتَبَ مجهول، في دورية «ياكت»، بتاريخ 2 أغسطس: «هؤلاء الحمقى المعزَّزون عصبيًّا يظنون أنهم أفضل منا».
- في عام 2237، كَتَب آر. راي، في جريدة «نجوم وسط النجوم» بتاريخ 12 فبراير: «أبغض هذه الحفلات»، حيث تتنهد الممثلة وهي تحتسي رشفة من كأس الشمبانيا المستورَد من السطح. والحفلة صامتة، لا تسمع فيها إلا صوت قرع الكؤوس ببعضها البعض، ونحن فقط اللذان نتحدث بصوت مرتفع. «الجميع هنا معزَّزون عصبيًّا، ومَزْهُوُّون بأنفسهم، أو أظن أنهم مَزْهُوُّون ببعضهم البعض. «كل ما أريده هو شيء حقيقي فحسب».
- في عام 2278، جريدة «جالاكتيك تريتي ديلي»، بتاريخ 17 مايو: يتفق طاقم الموظفين بالإجماع على أن الأمين العام، ورئيس العمليات العسكرية، معزَّزان عصبيًّا بشدة، إلى درجة أنك تتعامل مع أحدهما وكأنك تتعامل مع كليهما معًا، مع بعض الاختلافات أحيانًا.

«تعزيز الجهاز العصبي»- اسم، (أي: تحسين تكنولوجي في المخ).

- في عام 2136، كَتَب كيه. نسونواه مقطعًا ختاميًّا في كتابه «التاريخ الطبيعي والتكنولوجي للمخ»: قضت دكتور شارما فترة تقاعدها في عزلة، ولكنها تكرَّمتْ بدعوتي إلى منزلها للتحدث معي، وقدمت لي الشاي في حديقتها النضرة والمنسَّقة. وقد استقبلتني بترحاب كبير؛ جعلني أتجرأ وأسألها سؤالًا شخصيًّا، فقلتُ: «هل حقًّا لم تتعرضي أبدًا لعملية تعزيز الجهاز العصبي؟». هزّت كتفيها بلا مبالاة، وقالت: «لم أشعر يومًا أنني أحتاج إليها، فإنّ أيشا تتمتع بذاكرة رائعة»، في إشارة إلى شريكتها التي عاشت معها عقودًا، «ولذا.. فإذا نسيتُ شيئًا، فإنني أسألها. أما عن الاتصال العصبي، فأنا.. لا أدري»، وصَمَتَتْ لبرهة، حتى تعدل وشاحها، وقالت: «إنه لأمر ممتع، أليس كذلك؟ أعني تبادُل الحديث». ■

فيليسيا دافين خبيرة لغويات، ومترجمة في غرب ماساتشوستس. وقد نَشرت سابقًا قصص الخيال العلمي التي كتبتها في دورية «لايتسبيد» *Lightspeed*، وحسابها على تويتر هو «@FeliciaDavin».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية